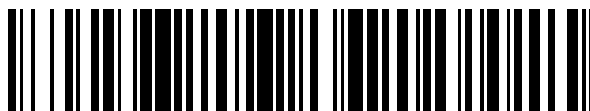


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 722**

51 Int. Cl.:

F27B 7/02	(2006.01)
F27B 7/32	(2006.01)
F27B 7/33	(2006.01)
C10B 1/10	(2006.01)
C10B 47/30	(2006.01)
C10B 49/16	(2006.01)
F23G 5/20	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2011 PCT/IB2011/055907**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12085880**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011 E 11837305 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2655993**

54 Título: **Planta modular para realizar procedimientos de conversión de matrices carbonáceas**

30 Prioridad:

23.12.2010 IT TO20101043

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.11.2018

73 Titular/es:

**SEA MARCONI TECHNOLOGIES DI VANDER
TUMIATTI S.A.S. (100.0%)
Via Ungheria 20
10093 Collegno (Torino), IT**

72 Inventor/es:

**TUMIATTI, VANDER;
TUMIATTI, MICHELA;
KAPILA, SHUBHENDER;
LENZI, FRANCESCO y
ROGGERO, CARLO**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 691 722 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Planta modular para realizar procedimientos de conversión de matrices carbonáceas

5 **Campo de aplicación**

La presente invención se refiere a una planta modular que realiza procesos integrados de conversión de matrices carbonáceas para obtener y/o incrementar el valor de “productos derivados”, como “portadores energéticos o bioenergéticos” o “energía o bioenergía” con poco o ningún impacto negativo sobre el ambiente al ser “neutro para el CO₂ - CO_{2n}” o “CO₂-negativo - CO_{2N}” y/o “Cero emisiones - ZE”.

Los términos principales de la presente descripción de la invención y de su campo de aplicación se definirán seguidamente.

Los “procesos de conversión” son procesos capaces de modificar una o más propiedades físicas, químicas, biológicas y toxicológicas de las matrices carbonáceas. Como ejemplo simplificante pero no limitante, los procesos de conversión incluyen procesos físicos, químicos, termoquímicos, electroquímicos y bioquímicos: extracción (aceites; líquidos; principios activos; esencias, sustancias; taninos, celulosa, hemicelulosas, lignina etc.); transesterificación; descontaminación químico-física; detoxificación; deshalogenación; despolarización; síntesis de sustancias y compuestos orgánicos y/o metálicos orgánicos; catálisis de transferencia de fase; catálisis enzimática; despolimerización; extracción con “Explosión de vapor-SE”, desecación/desorción térmica; torrefacción; pirólisis; gasificación; gasificación hidrotérmica catalítica; gas a líquido (GtL) o biomasa a líquido (BtL) o combustión.

Las “matrices carbonáceas” pueden ser sólidos, líquidos y gases que contienen y/o están contaminados por sustancias orgánicas. Algunos ejemplos seleccionados, pero no limitantes, de matrices carbonáceas son, entre otros: biomasas, grasas o subproductos de proceso animal; fracción orgánica de residuos agrícolas, municipales, industriales y hospitalarios; lodos de aguas residuales urbanas e industriales; neumáticos y cauchos; materiales poliméricos, eslatoméricos, termoplásticos, duroplásticos, arenas bituminosas o impregnadas de hidrocarburos; asfalto y alquitranes; revestimientos asfálticos; suelos contaminados; materiales compuestos; residuos eléctricos y electrónicos - RAEE (WEEE- residuos de equipos eléctricos y electrónicos); residuos de coches (ASR- Automotive Shredder Residue); residuos químicos y/o bacteriológicos de aplicaciones militares. Biomasas, como se definen en las Directivas Europeas, Leyes nacionales y/o locales (p.ej., las Directivas Europeas 2001/77/CE, 2009/28/CE, etc.). Entre los contaminantes ambientales, los siguientes se consideran prioridades: POP (PCB, PCDD, PCDF, PBB, etc.); PAH/PCA; etc.

Entre los “productos derivados” se incluyen las matrices carbonáceas de valor aumentado a través de “procesos de conversión”. A título de ejemplo, que en ningún modo agota las posibilidades, los “productos derivados” son: sólidos (sólidos tal como son y/o mezclados en “cócteles”), como las matrices sólidas y calcinaciones de procesos termoquímicos como torrefacción y biomasas de algas etc.); líquidos (aceites vegetales, aceites de biomasas de algas, ésteres naturales y/o sintéticos, líquidos sintéticos, fracciones oleosas de hidrocarburos etc.); gases (biogás, gas de pirólisis, syngas de gasificación etc.).

“Portadores bioenergéticos” son las matrices carbonáceas biogénicas que contienen bioenergía a una densidad energética más alta con respecto al material original y que son útiles como intermedios de conversión en la cadena de valor de la bio-energía para potenciar la sostenibilidad económica y ambiental, la eficiencia energética y la logística mediante aplicaciones realizadas en diferentes momentos y ubicaciones. Algunos ejemplos simples de portadores bioenergéticos, sin agotar las posibilidades, son: biomasas (lignina celulósica, algas, etc.) sólidas premezcladas; sólidos torrefactados; carbones vegetales; aceites biogénicos; biolíquidos de pirólisis; biolíquidos de procesos BtL o GtL; biogás; gas biogénico de pirólisis; gas de síntesis biogénico de gasificación.

“Neutro para el CO₂ - CO_{2n}” o “CO₂-negativo - CO_{2N}” es el balance global de CO₂ derivado de los procesos de conversión de las matrices carbonáceas biogénicas que determina la “Huella de carbono” y las interacciones entre distintos compartimentos medioambientales y reservas (“sumidero de carbono”), es decir, la atmósfera, la geosfera, la hidrosfera y la biosfera. El CO₂ es la unidad de medida para evaluar los efectos climáticos en términos de potencial de calentamiento global (PCG), conocido como “Efecto invernadero” de acuerdo con los protocolos del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP). Un ejemplo básico y en modo alguno limitante de “CO_{2N}” es el “secuestro de carbono” mediante la producción y el uso de carbón vegetal (BioChar) como modificación agrícola y “mejorador del suelo” capaz de capturar CO₂ (“Captura de CO₂”) a un ritmo de aproximadamente 3 kg de CO₂ equivalente por kg de Biochar.

“Cero emisiones - ZE” es el balance global de las emisiones derivadas de los procesos de conversión de matrices carbonáceas obtenidas mediante reciclado o conversión química o bioquímica de las emisiones en “productos derivados” o “portadores bioenergéticos”. Un ejemplo simple y no limitante de proceso de tipo “ZE” es la conversión bioquímica de los productos de combustión típicos (CO₂, NO_x, partículas, cenizas, etc.) como micronutrientes para cultivos de algas en aguas residuales derivadas de procesos precedentes de conversión. La implementación del proceso conduce a un proceso integrado autosostenido y virtuoso.

Estado de la técnica

- 5 Las plantas y los procesos para la conversión de las matrices carbonáceas deben cumplir las normas prescritas estándar, en particular:
- “Mejores Técnicas Disponibles” -BAT, es decir, la Directiva 96/61/CE concerniente a la prevención y control integrados de la contaminación;
- 10 “Mejores Prácticas Ambientales” -BEP, Convención de Estocolmo de 22/05/2011 - POP, Contaminantes Orgánicos Persistentes);
- Prevenición y reducción del impacto global en el medioambiente (UNEP - Programa ambiental de las Naciones Unidas; IPCC - Panel intergubernamental sobre el cambio climático, etc.);
- 15 GHG Gases de efecto invernadero -ISO 14064 Parte 1, 2, 3:2006;
- Reglamento (CE) N° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de 2006 -REACH (Registro, Evaluación y Autorización de productos químicos);
- 20 Directiva 2006/42/CE de 17/5/2006 (Directiva sobre Nueva Maquinaria);
- Guía para Gasificación de Biomasa segura y ecológica - Energía Inteligente para el programa europeo EIE/06/078/SI2.447511;
- 25 ATEX (Atmospheres ed Explosibles), FMEA (Modo de Fallos y Análisis de Defectos), HAZOP (por sus siglas en inglés, HAZard and OPerability análisis, Análisis de riesgos y operabilidad), etc.
- Dentro del estado de la técnica, las patentes, las plantas y los procesos indicados seguidamente son significativos.
- 30 En EP0675748 AI (prioridad 24/12/1992) - W. Tumiatti – “Procedimiento para la descomposición química de compuestos orgánicos halogenados” de Sea Marconi Technologies di Vander Tumiatti S. a. s. Esta patente, designada como CDP Process®, se ha indicado como BAT para la descontaminación de transformadores eléctricos y/o equipo eléctrico de PCB (Ministerio Italiano de Medioambiente, Decreto Ministerial de 29/01/2007).
- 35 En W097/07858, prioridad 25/08/1995) - W. Tumiatti, S. Kapila – “Proceso para la descontaminación y tratamiento con contraflujo oxidante de matrices líquidas, gaseosas o sólidas” de Sea Marconi Technologies di Vander Tumiatti S.a.s, se describe un proceso de conversión de matrices carbonáceas mediante un contraflujo oxidante en un frente de llama móvil y su gasificación.
- 40 En US2010136463 AI (prioridad 18/04/2000) - Tao T., Bai Wei -“Un dispositivo electroquímico y métodos para conversión de energía” - de Celltech Power, Inc., se describe un dispositivo para conversión electroquímica que puede funcionar como célula de combustible y batería. La característica básica del dispositivo es el ánodo químicamente recargable; en particular, el ánodo incluye un líquido que puede ser metal o una aleación de metales, que funciona a temperaturas de 300 a 1500 °C.
- 45 En EP 1354172 AI (prioridad 19/12/2000) -V. Tumiatti, A. Hornung et al -“Planta para tratamiento térmico de material y procedimiento de operación del mismo” de Sea Marconi Technologies di Vander Tumiatti S.a.s., designado como HALOCLEAN®, se reivindica un reactor equipado con tornillo, en el que cuerpos conductores térmicos se envían junto con una matriz carbonácea. Los cuerpos conductores térmicos son bolas de metal, de cerámica, de SiC etc. Principalmente, tienen la función de mantener limpia la superficie interna del reactor y el tornillo. Se ha indicado que HALOCLEAN® es BAT para la conversión y/o descontaminación de materiales contaminados por PCB (Ministerio Italiano de Medioambiente, Decreto Ministerial de 29/01/2007). En sus aplicaciones (es decir, WEEE, biomasa etc.) Haloclean® 15 se considera el pionero de la “Pirólisis intermedia”.
- 50 En CA2351892 AI (prioridad 29/06/2001) - Peter B. Fransham - se describe un “Proceso para la conversión de materia prima carbonácea en líquido, char y gas”. El proceso se basa en un reactor tubular en el que se efectúa la conversión de una materia prima hidrocarburo en un producto de pirólisis líquido, sólido y gaseoso, proporcionando el calor mediante cuerpos conductores térmicos.
- 60 En WO2005018841 A2 (prioridad 4/08/2003) - G. Poulleau, P. Colignon et al. - “Thermolyse de dechets organiques en four a billes” de Finaxo Environnement, se describen el procedimiento, la planta y la aplicación respecto a la termólisis de residuos orgánicos en un horno de bolas.
- 65 En DE102005037917 AI (prioridad 11/08/2005) -E. Henrich, E. Dinjus et al. -“Verfahren zur Schnellpyrolyse von Lignocellulose” de Forschungszentrum Karlsruhe GmbH se describe un procedimiento de pirólisis rápida de

materiales de lignina celulósica.

5 En WO2007113311 AI (prioridad 05/04/2006) - T.Steer - "Warmerohr, Heatpipe-Reformer mit Warmerohr und Verfahren zum Betreiben einem solchen eines solchen Heatpipe-Reformers" de BioAge GmbH. Se reivindica un reactor equipado con un "conducto térmico" que tiene en el interior un portador de transporte de calor para gasificación.

10 En FR0602974 (prioridad 05/04/2006) -P. Daverat, N. Millet -"Procédé de production d'énergie électrique à partir de biomasse" de Société Eneria. Se describe una planta para la conversión termoquímica de biomásas, incluidas las etapas de desecación, gasificación, tratamiento gaseoso frotando con aceite y agua y cogeneración con motor de gas.

15 En EP2016159 A2 (prioridad 24/04/2006) - D. Schillingmann - "Biomassevergaser und Verfahren zur allothermen Vergasung von Biomasse" de D. Schillingmann (REW Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH). Se describe la gasificación para biomasa para la pirólisis y/o gasificación parcial con la finalidad de producir gas combustible o una mezcla de gases combustibles.

20 En WO2008005476 A2 (prioridad 06/07/2006) - P. Badger, P. Fransham - "Método y sistema para realizar una pirólisis ultrarrápida o rápida con materiales carbonáceos". Se describe un sistema compuesto por secador, reactor de pirólisis, separador de portadores térmicos y char, condensador y quemador de char para la producción de energía, productos químicos y otros materiales.

25 En US2010209965 AI (prioridad 17/07/2006) - Paul O'Connor – "Pirólisis catalítica de biomasa de partículas finas y método para reducir el tamaño de partícula de las partículas de biomasa sólidas". Se describe un procedimiento para la conversión térmica de material carbonáceo en partículas como fuente de energía en una biomasa de partículas finas.

30 En WO2008092557 A2 (prioridad 1/02/2007) – A. Hornung, H. Seifert, A. Apfelbacher - "Verfahren und Vorrichtung zur Umwandlung von Biomasse in Kraftstoff" de Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Se describen un procedimiento y una planta para la conversión en combustible de biomásas como semillas que contienen aceite y, en concreto, semillas de colza y/o sus productos de prensado derivados.

35 En el documento WO2009074268 AI (prioridad 11/12/2007) – A. Hornung, H. Seifert – "Pyrolysesystem fur kolenstoffhaltige Einsatzstoffe" de Forschungszentrum Karlsruhe GmbH. Se describe un sistema de pirólisis para materiales carbonáceos compuesto por un reactor de pirólisis y una sección de calentamiento de las partículas conductoras térmicas que circulan en la planta.

40 En WO2009138757 A2 (prioridad 14/05/2008) - A. Hornung, A. Apfelbacher "Tratamiento térmico de biomásas" de la Universidad de Aston (Reino Unido). Se describe un procedimiento para la pirólisis y gasificación en el que la biomasa se mezcla con un transmisor de calor y es transportada por un sistema de tornillos.

45 En WO2009081362 AI (prioridad 20/12/2007) - S. Musso, M. Zanetti, A. Tagliaferro, M.P. Luda "Procedimiento di riciclo di materiali plastici di scarto con produzione di nanotubi di carbonio" del Politécnico de Turin. Se describe un procedimiento que incluye una etapa de pirólisis de materiales plásticos y una etapa de conversión de productos gaseosos de pirólisis en nanotubos de carbono.

50 En WO2009138746 AI (prioridad 14/05/2008) - A. Hornung, A. Apfelbacher - "Proceso de biomásas" de la Universidad de Aston (Reino Unido). Se describe un proceso de tratamiento basado en biomásas y en determinadas algas.

55 En WO2010113129 A2 (prioridad 31/03/2009) -M. Garbero, P. Ottonello et al. – "Proceso mejorado para el pretratamiento de biomásas" de Chemtex Italia S.r.l. Se describe un proceso de pretratamiento de biomásas, en concreto Arundo Donax y Sorghum, a través de fases de empapamiento, separación y "Explosión de vapor -SE" de matrices sólidas con la finalidad de obtener portadores bioenergéticos para las posteriores conversiones en biocombustibles mediante hidrólisis enzimática.

60 En WO2010130988 AI (prioridad 11/05/2009) – A. Hornung, A. Apfelbacher "Proceso de pirólisis de biomásas por etapas y aparato" de la Universidad de Aston (Reino Unido). Un procedimiento de varias etapas que incluyen pretratamiento y proceso de pirólisis de biomásas.

65 En DE-380 035 se describe un procedimiento para el destilado de combustibles sólidos realizado mediante un reactor de rotación cilíndrico abierto por los dos extremos: DE-380 035 critica, de hecho, las soluciones de diseño en las que un reactor cilíndrico está equipado con sellos en los dos extremos, disuadiendo de forma irrefutable a los ingenieros del sector a desarrollar reactores cerrados por los dos extremos. Asimismo, la planta descrita en el documento DE-380 035 incluye solo medios de calentamiento de un portador conductor térmico introducido en el reactor, excluyendo la presencia de medios de calentamiento directo del reactor y sin explicar que el tornillo interno

está fijo con respecto al cuerpo del reactor.

5 EP-0 086 488 describe un horno rotatorio, del cual solo una parte se encierra en un alojamiento fijo de calentamiento, siendo así fundamentalmente distinto de los reactores rotatorios completamente encerrados en un alojamiento estacionario.

10 US-2 723 226 describe un procedimiento de carbonización a temperatura baja usando un reactor rotatorio en el que los extremos sobresalen de un alojamiento estacionario, por lo que es fundamentalmente diferente de un reactor rotatorio completamente encerrado en un alojamiento estacionario. Además, dicho reactor no describe la presencia de un conducto de alimentación interior para un portador conductor térmico además del conducto de alimentación para que el material se carbonice.

15 Una planta en Güssing (Austria) usa un procedimiento de conversión termoquímica alotérmica basado en tecnología dual de gasificación en lecho fluidizado (FICFB -Lecho fluidizado de circulación interna rápida) en el que el medio de transferencia de calor es arena. Esta planta representa el "Estado de la técnica" en la gasificación de biomásas con eficiencias de hasta el 81 %, el 25 % del cual se usa para generación de energía eléctrica (~2 MW). La operación en planta se ha validado con una disponibilidad superior a 7500 horas/año.

20 El funcionamiento de las plantas para la conversión de matrices carbonáceas citadas anteriormente se basa en la Gestión del ciclo de vida y en la experiencia en operaciones. Esto representa algunos factores críticos, que se describirán seguidamente, en el caso de pirólisis y/o pirogasificación usando cuerpos conductores térmicos.

25 Factor crítico I - "Explosión y/o fuego" - Este factor crítico es inducido por la atmósfera explosiva que se puede desencadenar cuando hay concentraciones anormales de oxígeno y/o aire en uno o más subsistemas de la planta. Esta condición normalmente es el resultado de la falta de un sellado adecuado y/o una compartimentalización ineficiente de la atmósfera de reacción con respecto a la atmósfera externa. El desencadenante también se puede producir debido a reacciones exotérmicas no controladas, reversibles o agarrotamiento permanente (p. ej., tornillo - cuerpo de calentamiento - cilindro fijo externo) de componentes mecánicos con interfaces móviles que pueden generar sobrecalentamiento localizado y temperaturas muy altas y/o deformación con desgaste y/o daños de los ejes de transmisión y/o juntas rotativas y fijas. Este riesgo también se puede desarrollar durante las fases periódicas de inicio, apagado y emergencia, cuando la planta atraviesa las condiciones del límite de explosión inferior (LEL) y el límite de explosión superior (UEL). La concentración límite de oxígeno depende de la composición del gas producido, humedad, temperatura y presión. Para H₂ y CO a temperatura y presión ambiente, la concentración límite es 4 %.

35 Factor crítico II - "Agarrotamiento irreversible con bloqueo de la planta" - Este factor crítico se caracteriza por el agarrotamiento entre los componentes de transporte (p. ej., tornillo) y la superficie interna del o los reactores cuando se producen los movimientos correspondientes entre las partes contiguas. Este factor crítico puede desencadenarse cuando hay cuerpos conductores térmicos hechos de materiales duros. Estos cuerpos, bolas metálicas por ejemplo pueden quedar atrapados en los intersticios entre componentes móviles contiguos, lo que da como resultado un agarrotamiento irreversible.

45 Factor crítico III - "Desgaste, fricción, corrosión" - Este factor crítico se caracteriza por desgastes, raspado y/o agarrotamiento reversible, que en operaciones prácticas se puede correlacionar con el transporte del material por el tornillo y el cilindro del reactor fijo o rotatorio, es decir cuando hay movimientos entre los dos componentes. Los resultados son similares a los del factor crítico II, pero con una intensidad menor. El fenómeno de corrosión irreversible de los metales se puede producir en presencia de atmósferas ricas en CO, CO₂ y otros compuestos gaseosos que contienen carbono cuando funcionan en el intervalo de temperaturas entre 350 °C y 800 °C. Estos fenómenos, designados "polvo de metal" causan la desintegración pulverulenta de las superficies de acero en el punto de contacto, lo que conduce a un deterioro progresivo de partes estructurales que, en última instancia, producen su colapso.

50 Factor crítico IV - "Ineficiencia del intercambio térmico"- Este factor crítico se caracteriza por ineficiencias del calentamiento debido a pocas superficies disponibles para la transferencia de calor entre las partes de calentamiento y las matrices. La ineficiencia térmica también se puede amplificar mediante recuperaciones ineficientes de energía dentro de la planta.

60 Factor crítico V- "Sellado rotativo y/o estático insuficiente del gas" - En las patentes antes citadas se ha reivindicado la extracción del aire/oxígeno potencialmente presentes en el reactor de pirólisis, sin proporcionar indicaciones técnicas precisas sobre cómo se produce la compartimentalización del propio reactor. Además, no se mencionan el tipo y el número de niveles de compartimentalización implementada mediante soluciones adecuadas y fiables capaces de garantizar la ausencia de oxígeno y el sellado de gases en el interior del reactor con respecto a la atmósfera externa.

65 Factor crítico VI- "Falta de mezclado"- El perfil térmico puede ser el resultado de una falta de mezclado limitante de la matriz carbonácea o de una interacción no homogénea, o de la falta de una interacción completa entre los

cuerpos de calentamiento del metal y la matriz carbonácea en el reactor. De hecho, desde un punto de vista operativo, en las patentes citadas anteriormente, mezclar el material que se va a tratar con los cuerpos de calentamiento metálicos y el movimiento del tornillo es, como mucho, mínimo, mientras que es predominante en la función de transporte con el material que, bajo el efecto de la gravedad, permanece en el fondo del reactor.

5 Factor crítico VII - "Falta de molturación" - La conversión termoquímica de las matrices carbonáceas puede ser insignificante o ineficiente debido a la falta de una acción de molturación energética del material que se va a tratar. La molturación energética es capaz de incrementar la superficie de intercambio y de potenciar el contacto estrecho, lo que, a su vez, reduce el tiempo de conversión, la falta de homogeneidad de conversión e incrementa la capacidad de estimular las reacciones desencadenadas por aditivos adecuadamente formulados. Las patentes antes citadas reconocen la importancia de este requisito en términos de las dimensiones mínimas de la partícula pero no indican ninguna función de "molturación" y la práctica de la operación demuestra que un horno rotatorio y/o un simple tornillo no proporcionan las condiciones dinámicas necesarias para alcanzar la fragmentación. De hecho, bajo el efecto de la gravedad, el material y los cuerpos de calentamiento de metal permanecen en reposo en el fondo del reactor.

15 Factor crítico VIII - "Falta de efecto catalítico"- La acción catalítica de los cuerpos conductores térmicos no se ha abordado en la mayoría de las patentes antes citadas. El uso de metales o aditivos específicos con acciones catalíticas harían el procedimiento de conversión más eficiente y seguro a una temperatura menor, en tiempos más cortos y con una conversión eficiente de subproductos no deseados; sin embargo, dicha acción catalítica no se ha reivindicado.

20 Factor crítico IX - "Falta de flexibilidad operativa, compacidad y modularidad" - Las reivindicaciones en las patentes antes citadas no cubren la flexibilidad operativa, la compacidad y la modularidad para posibles aplicaciones variadas previamente descritas en los puntos del campo de aplicación. En los reactores típicos de pirólisis y/o pirogasificación se crean discontinuidades del proceso mediante la falta de alimentación que no pueden garantizar las condiciones de homogeneidad de las características quimiofísicas (es decir, humedad, uniformidad del tamaño de partícula, etc. de las matrices carbonáceas que se van a convertir. Para procesar matrices carbonáceas heterogéneas, los procedimientos de conversión deben proporcionar la combinación sinérgica de los parámetros operativos dirigidos a una mejor valoración de matrices sólidas (es decir, la producción de biomasa torrefactada, biochar, etc.), matrices líquidas (pirólisis líquida) y matrices gaseosas (gas de síntesis).

25 Factor crítico X- "Falta de conversión o conversión ineficiente y disminución de POP y/o de formación y liberación de alquitranes, neutralización de gases y/o minimización del efecto invernadero - GWP. Durante la producción de gases combustibles (gas de síntesis), uno de los factores críticos más significativos para muchas aplicaciones es el alquitrán (subproducto de viscosidad alta de la pirogasificación). Los alquitranes comprenden un amplio espectro de compuestos orgánicos, en general con varios anillos aromáticos, PCA etc. Los alquitranes viscosos e insolubles tienden a obstruir los conductos y, de hecho, representan el verdadero talón de Aquiles en estas plantas y sistemas de cogeneración (es decir, motores de gas, turbinas etc.). Otro compuesto crítico típico presente en el gas de síntesis producido por las biomásas, además de NOx, es el amoníaco NH₃.

40 **Compendio de la invención**

45 La finalidad de la presente invención es proporcionar una planta capaz de realizar varios procesos integrados para la conversión de matrices carbonáceas en cumplimiento del conjunto de requisitos en el campo de la aplicación y sin los problemas y factores críticos no reconocidos en las plantas actuales.

50 Esta finalidad se consigue a través del concepto de planta modular con las características indicadas en la reivindicación 1 que se presentará a continuación. Las características preferidas de la planta y de la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas de 2 a 16.

Los procesos de conversión de las matrices carbonáceas que implican el uso de las plantas antes mencionadas, como se especifica en las reivindicaciones 25 a 30, constituyen sujetos adicionales de la presente invención.

55 Entre los aspectos críticos de la planta, se destaca que comprende un reactor rotatorio completamente cerrado, a excepción de la presencia de pasos de entrada/salida para la matriz y el portador conductor térmico. De hecho, dicho reactor tiene un cuerpo central sustancialmente cilíndrico cerrado por los dos extremos respectivamente por un cabezal fijo estacionario y un cabezal fijado al cuerpo central. Además, dicho reactor está encerrado integralmente en un alojamiento estacionario y está equipado con un conducto de alimentación de entrada para un portador conductor térmico que es diferente del conducto de alimentación de la matriz que se va a tratar. El portador conductor térmico es una parte integral y fundamental de la planta en cada fase operativa. De hecho, sin la presencia de este portador conductor térmico recirculando en la planta, la planta no puede alcanzar las condiciones de operación.

60 **Breve descripción de las figuras**

65 Las ventajas y las características de la presente invención serán autoevidentes a partir de la descripción detallada

que se proporciona a continuación con referencia a las figuras adjuntas, en forma simplificada y no exhaustiva:

La Figura 1 es una representación en despliegue del módulo básico de la planta modular descrita en la presente invención.

5 Las Figuras 2a-2g ilustran, respectivamente, el esquema de los dispositivos internos que se pueden fijar en el interior del reactor rotatorio del módulo básico mostrado en la Figura 1.

10 Las Figuras 3a-3d ilustran, respectivamente, el esquema de los módulos activadores del módulo básico de la invención de la Figura 1.

La Figura 4 representa el esquema de una posible configuración del interior del módulo básico equipado con dispositivos de cajón de perfil creciente.

15 La Figura 5 representa el esquema de una posible configuración en el interior del módulo básico equipado con un tornillo con distribuidor rotatorio de matrices líquidas y/o gaseosas.

La Figura 6 representa el esquema de una forma adicional de implementación del módulo básico de la invención con un líquido como portador conductor térmico.

20 La Figura 7 muestra el esquema de un posible módulo de alimentación controlado de la planta modular de la invención.

La Figura 8 muestra el esquema general que ilustra posibles configuraciones operativas de la planta modular de la invención.

La Figura 9 muestra el esquema de una posible configuración de la planta modular con módulos constituyentes colocados en el contenedor para la aplicación de pirogasificación.

30 La Figura 10 muestra el despliegue de una posible configuración de los rotores de los módulos y el módulo de alimentación de las matrices carbonáceas dentro del contenedor para la aplicación de pirogasificación.

Las partes, componentes y dispositivos que, en forma simplificada, constituyen las posibles configuraciones de la planta modular de la invención se enumeran a continuación, con números de identificación secuenciales:

35 1. Caja o cuerpo de alojamiento fijo que encierra la zona de reacción de atmósfera controlada, incluidos los dos extremos de la interfaz, de materiales compatibles con las condiciones del proceso.

40 2. Extremo de alimentación de la interfaz (extremo de entrada) con un sistema de sellado fijo.

3. Sistema de bridas y juntas para accesibilidad y mantenimiento del extremo de entrada.

4. Bolas y/o cuerpos y/o portadores conductores térmicos.

45 5. Interfaz y conducción de carga de las bolas y/o cuerpos y/o portadores conductores térmicos.

6. Matriz carbonácea genérica a convertir introduciéndola en el reactor rotatorio seleccionado de entre 69, 74, 100, 101, 113, 130 para diferentes tipologías y/o fases operativas de los diferentes procesos de conversión (véanse las Figuras 1, 7 y 8).

50 7. Interfaz y conducto de carga para la matriz carbonácea a convertir.

8. Cabezal estacionario – transportador de alimentación del rotor.

55 9. Reactor rotatorio o rotor del proceso.

10. Lecho móvil hiperdinámico constituido por bolas y/o cuerpos y/o portadores conductores térmicos 4 y matriz carbonácea genérica a convertir 6.

60 11. Dispositivos internos del rotor.

12. Aislamiento térmico externo o interno o posiblemente insonorizado.

13. Dispositivo de calentamiento eléctrico para encender/apagar y fases de emergencia.

65 14. Posible zona de tamizado (bolas y/o cuerpos portadores conductores térmicos - matrices sólidas convertidas)

ES 2 691 722 T3

15. Extremo de interfaz de salida (extremo de salida) con un sistema de sellado estacionario e interfaz para el dispositivo de seguridad contra explosiones y/o fuego.
- 5 16. Sistema de bridas y juntas para accesibilidad y mantenimiento del extremo de salida.
17. Fracción ligera de la matriz carbonácea convertida (líquida y/o gaseosa)
18. Interfaz de las fracciones gaseosas o líquidas y conducto de salida.
- 10 19. Fracción pesada de la matriz carbonácea.
20. Interfaces de la fracción pesada de la matriz carbonácea convertida (sólida y/o líquida) y conducto de salida 19 y bolas y/o cuerpos y/o cuerpos conductores térmicos 4.
- 15 21. Cámara opcional con dispositivo de irradiación concentrado (ultrasonidos, microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos).
22. Accionamiento del rotor y grupo de soporte.
- 20 23. Aleta opcional del dispositivo de cajón y/o perfil de reja de arado.
24. Dispositivo de reja de arado con posible plataforma interna
- 25 25. Dispositivo con aletas.
26. Tornillo de Arquímedes sólido o perforado con eje sólido o hueco para la entrada de los fluidos de proceso.
27. Espiral sólida o perforada.
- 30 28. Dispositivo en cestillo que contiene los cuerpos de carga, con o sin superficie catalítica alta.
29. Dispositivo espiral con distribuidor rotatorio para matrices gaseosas y/o líquidas.
- 35 30. Inyectores de matrices gaseosas y/o líquidas.
31. Distribuidor rotatorio de matrices gaseosas y/o líquidas.
32. Parte rotatoria.
- 40 33. Entrada para los fluidos del proceso (ejemplo: aire, oxígeno, vapor, disolventes de extracción, etc.).
34. Sello giratorio.
- 45 35. Parte fija.
36. Grupo de rodillos longitudinales motorizados y sincronizados.
37. Rodillos de soporte longitudinal.
- 50 38. Grupo con engranajes de transmisión piñón- corona y soporte por rodamiento.
39. Piñón.
- 55 40. Engranaje corona.
41. Grupo con eje propulsor y soporte por rodillo.
42. Eje propulsor.
- 60 43. Grupo de transmisión con cadena sencilla o doble y soporte por rodamiento.
44. Miembro de la transmisión.
- 65 45. Dispositivo de alimentación para matriz carbonácea genérica 6.

ES 2 691 722 T3

46. Rellenado completo con metal fundido y/o inyección de agentes oxidantes y matrices líquidas y gaseosas.
47. Interfaz para la carga de metal fundido y/o agentes oxidantes y matrices líquidas y gaseosas.
- 5 48. Cabezal de alimentación estacionaria del rotor con agujeros para el paso del metal fundido circulante.
49. Nivel del metal fundido.
50. Metal fundido.
- 10 51. Alas para la circulación interna del metal fundido.
52. Cámara de paso para los gases calientes que fluyen a lo largo de la pared externa debidamente equipada con aletas del alojamiento.
- 15 53. Grupo controlador del rotor con eje hueco y radios fijados al rotor.
54. Conducto intercambiador de calor opcional dentro del baño de metal fundido.
- 20 55. Cátodo constituido por un haz de conductos de material cerámico (YSZ) y con una capa superficial de aleación de níquel (Ni-YSZ).
56. Un dispositivo de fricción opcional para instalación impermeable del intercambiador de calor 54 o el cátodo 55.
- 25 57. Combustión de gases calientes y/o de aire caliente para el calentamiento del alojamiento 1 desde fuera y/o adición de oxígeno a través del cátodo 55.
58. Líquidos y/o gases de la fracción más ligera de la interfaz de las matrices carbonáceas convertidas.
- 30 59. Interfaz de salida 58 para gases y/o líquidos convertido de matrices carbonáceas.
60. Matrices carbonáceas sólidas y cenizas.
- 35 61. Interfaz de salida para matrices carbonáceas sólidas y cenizas 60.
62. Brida de drenaje del metal fundido 50.
63. Dispositivo de extracción para cenizas 60.
- 40 64. Cámara para reducción y conversión de óxidos metálicos con dispositivo de irradiación concentrada (microondas, radiofrecuencia (RF) y/o láser de potencia)
65. Aislamiento térmico externo o interno e insonorización.
- 45 66. IN- Matrices carbonáceas sólidas heterogéneas antes del pretratamiento.
67. Dosificación a partir de silos de matrices carbonáceas sólidas heterogéneas sin pretratamiento 66.
68. Transporte de matrices carbonáceas sólidas heterogéneas sin pretratamiento 66.
- 50 69. Matriz carbonácea sólida heterogénea premezclada para pretratamiento- cóctel húmedo.
70. Reactor basado en el módulo básico para la formulación de "cócteles", secado y pretratamiento.
- 55 71. Flujo gaseoso caliente para secar a partir de posible recuperación de energía a partir de módulos localizados después del módulo A 102.
72. Matriz acuosa recuperada de la desecación.
- 60 73. Matriz carbonácea sólida homogénea desecada que se va a tratar;
74. IN- Matriz carbonácea sólida homogénea con un bajo contenido en agua que se va a tratar y/o convertir.
- 65 75. Tornillo de dosificación y transporte de matriz carbonácea sólida homogénea con un bajo contenido en agua que se va a tratar 73 y 74.

ES 2 691 722 T3

76. Válvulas de aislamiento con atmósfera controlada.
77. Aditivos y/o catalizadores; conservación y/o protector y/o bactericida; agentes anti-moho y/o fungicidas que se pueden añadir.
- 5 78. Tolvas de carga para matriz carbonácea 73 74 y aditivos y/o catalizadores 77.
79. Tornillo de dosificación y transporte para aditivos y/o catalizadores 77.
- 10 80. Válvulas de aislamiento con atmósfera controlada.
81. Tolva de mezclado para la homogeneización de la matriz carbonácea que se va a convertir con aditivos y/o catalizadores 77.
- 15 82. Órgano de mezclado, dispositivo opcional.
83. Tornillo de Arquímedes de transferencia para la matriz carbonácea sólida 73 y/o 74 y/o aditivos/catalizadores 77 posiblemente con un perfil variable.
- 20 84. Zona de calentamiento opcional con integración del dispositivo de irradiación concentrada (microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos)
85. Grupo de vacío opcional.
- 25 86. Matriz carbonácea sólida para obtener productos (coque y coque biológico 126) a estabilizar y empaquetar en el módulo N 103.
87. Empujador de alimentación con autolimpieza.
- 30 88. Grupo de accionamiento del empujador.
89. Accionamiento por biela/manivela.
90. Accionamiento por pistón.
- 35 91. Accionamiento por cremallera.
92. Interfaz para la entrada de matrices carbonáceas sólidas.
- 40 93. Interfaz para la entrada de matrices carbonáceas líquidas y/o viscosas para reconvertir 121.
94. Cabezal térmico con alas opcionales.
95. Limitador.
- 45 96. Tornillo de alimentación de paso variable.
97. Grupo de accionamiento del tornillo de alimentación.
- 50 98. Mecanismo de reducción de la velocidad.
99. Cabezal térmico con alas opcionales.
100. Matriz carbonácea sólida compactada y precalentada para inyección y conversión directa en el reactor rotatorio 9.
- 55 101. Entrada - Matrices carbonáceas sólidas, líquidas y gaseosas homogéneas para procesos de varias fases tales como conversión (extracción, descontaminación, catálisis, etc.)
- 60 102. Módulo A - alimentación controlada, "cóctel" y pretratamiento de matrices carbonáceas.
103. Módulo N - estabilización y empaquetado de sólidos.
104. Matriz acuosa recuperada del pre-desechado (Opcional).
- 65 105. Módulo B - Extracción selectiva y/o conversión de varias fases.

106. Secundario - sólido biogénico intermedio de la extracción.
- 5 107. Residual - biomasa de algas intermedia de la extracción.
108. Salida - Productos y bioproductos derivados (líquidos, sólidos y gaseosos) de extracción y/o descontaminación (hidrocarburos, aceites minerales, aceites vegetales, ésteres naturales, etc.) y glicerina.
109. Módulo C- Pirólisis flexible hiperdinámica.
- 10 110. Char – convertido - matrices carbonáceas intermedias.
111. Salida - Bioproductos derivados sólidos (biorrefractados, biochar, carbón activado, biochar activado, etc.)
- 15 112. Salida - Negro de carbón - matrices carbonáceas convertidas.
113. Convertidas, matrices carbonáceas volátiles intermedias para la posterior conversión en los módulos F 118 y G 122.
- 20 114. Módulo D - Calentamiento y/u oxidación subestequiométrica.
115. Cenizas y micronutrientes- intermedias.
- 25 116. Módulo E - Pirogasificación catalítica con metal fundido.
117. Líquidos de pirólisis - (BioPyroLiq, PyroLiq) - Matriz carbonácea líquida convertida por pirólisis.
118. Módulo F - Gasificación catalítica hiperdinámica.
- 30 119. Oxígeno del cultivo de algas.
120. Gas de síntesis - matriz carbonácea gaseosa convertida mediante gasificación catalítica.
- 35 121. Matrices carbonáceas a reconvertir - intermedio para el producto derivado 117 y para la posterior conversión en el módulo A 102.
122. Módulo G - tratamiento de gas integrado.
- 40 123. Matrices acuosas- intermedias.
124. Salida - Gas de síntesis biológico, gas de síntesis, BioPyroGas, PyroGas - matrices carbonáceas convertidas.
125. Gas de síntesis – matrices carbonáceas intermedias convertidas.
- 45 126. Salida – Cóctel de matrices carbonáceas sólidas (BioCok, Cok)
127. Módulo H - Fotobiorreactor para microalgas.
- 50 128. Energía de luz natural y/o artificial.
129. Gases de escape (CO₂, NO_x, etc.) de la conversión de matrices carbonáceas.
- 55 130. Matriz carbonácea biogénica – Biomasa algal como tal - intermedia para la posterior conversión en los módulos A 102 y B 105.
131. Módulo L- Grupo de cogeneración (CHP).
132. Salida - Energía y bioenergía (eléctrica, térmica, refrigerante) para "Redes inteligentes".
- 60 133. Módulo I - Interfaz para varios módulos.
134. Módulo M - microGTL (Fischer-Tropsch)
- 65 135. Biomasa algal primaria.
136. Salida BioAlg -biomasa algal primaria (desecada y/o liofilizada) en módulo N 103.

137. Salida Líquidos FT - Biolíquidos del proceso de Fischer-Tropsch.

138. Salida producción de materiales avanzados (MWCNT - nanotubos de carbono de pared múltiple etc.), hidrógeno H₂.

139. Emisiones totales bajas a la atmósfera.

140. Neutro para CO₂- CO_{2n}.

141. Negativa para CO₂- CO_{2N}.

142. Cero emisiones- ZE.

143. POP/sin alquitranes.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a una planta modular capaz de realizar procesos integrados para la conversión de matrices carbonáceas en productos adecuados para varias aplicaciones en cumplimiento de lo indicado en el campo de la aplicación y en su finalidad. A título simple pero no limitante, es posible obtener con más eficacia y de forma simultánea uno o más "productos derivados". Los productos pueden ser "portadores energéticos o bioenergéticos", "energía o bioenergía" (véase la Figura 8) como se describe más adelante en los diversos módulos A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M y N. El montaje de la planta modular adecuada para la conversión de sustratos carbonáceos para varias aplicaciones se consigue mediante la integración de varios "modelos básicos". El "módulo básico" (mostrado en la Figura 1) satisface el requisito de prioridad de "Riesgo cero de agarrotamiento y bajo desgaste por fricción y ausencia de partes contiguas con movimientos relativos" en el rotor 9. El módulo básico también carece de los factores críticos II y III, que pueden operar a una temperatura entre -200 °C y 1.200 °C a presiones entre 0,1 mbar y 100 bar en modo continuo o discontinuo. El módulo básico está compuesto por (al menos en parte) uno o más de los elementos siguientes. Un reactor rotatorio o un reactor de proceso 9 (en lo sucesivo designado "rotor" 9) alrededor de un eje longitudinal central que tiene una inclinación de 0 a 45 o con respecto a un plano horizontal que tiene un cuerpo central que en gran medida es sustancialmente tubular, con una sección transversal circular o poligonal y una proporción entre el diámetro y la longitud de hasta 1:15, cerrado por un primer rotor de alimentación 9 de cabezal fijo 8, que consiste en una cinta transportadora, preferentemente rotatoria, sellada en la interfaz con el lado terminal del rotor 9 y un segundo cabezal fijado al cuerpo que puede ser liso o estar equipado con una sección de cribado 14 para la separación de portadores conductores térmicos 4 de la matriz carbonácea genérica a convertir 6. Un extremo del cuerpo con cabezal fijo para la introducción separada sellable de la matriz carbonácea genérica a convertir 6 y los portadores conductores térmicos 4. El primer conducto 7 en el cabezal fijo es la entrada para la matriz carbonácea genérica a convertir 6 en el reactor y el segundo conducto 5 es la entrada del portador conductor térmico 4 en el reactor. El rotor 9 está equipado en el cabezal integral con puntos de fijación para los dispositivos internos específicos 11 29 capaces de crear el lecho de conversión 10 formado por portadores conductores térmicos 4 y la matriz carbonácea genérica 6 en contacto íntimo entre ellos. El alojamiento o cuerpo fijo 1 que incluye los extremos 2 y 15 está formado por material compatible con las condiciones del proceso. El diseño garantiza el sellado de la atmósfera de reacción con respecto al ambiente externo. El alojamiento está cubierto con una capa térmica e insonorizada 12. Un dispositivo de calentamiento 13 enfrente del reactor cilíndrico se puede instalar en el interior de la capa de impermeabilización. Dicho dispositivo de calentamiento se usa durante el encendido/apagado o condiciones de emergencia. En los extremos 2 15 del alojamiento fijo 1 están equipados, respectivamente, con bridas 3 16 para facilitar el acceso y el mantenimiento: en concreto, el extremo 15 está equipado con la interfaz para un dispositivo de seguridad para prevenir explosiones y/o fuego. Los dispositivos incluyen sensores para monitorizar las concentraciones de gases y, cuando sea necesario, para introducir un gas inerte de protección en una cámara de expansión. El alojamiento 1 también incluye aberturas para el paso de la fracción pesada derivada de las matrices carbonáceas convertidas 19, para el paso de portadores conductores térmicos 4 a través de la interfaz y el conducto 20. Así como la abertura para el paso de la fracción ligera de líquido y/o gas derivada de las matrices carbonáceas convertidas 17. El accionador de la rotación y el grupo de soporte 22 de dicho reactor se localiza en el interior del alojamiento fijado 1 y carece de mecanismos internos con un movimiento rotatorio relativo con respecto a dicho cuerpo cilíndrico 9. Dichos portadores térmicos 4 están compuestos por una pluralidad de cuerpos sólidos, en particular bolas metálicas, o por un líquido elegido del grupo que consiste en metales fundidos 50 y/o aleaciones de los mismos, sales fundidas, fluidos criogénicos licuados y sustancias líquidas a temperatura ambiente, como aceites, soluciones acuosas simples o de multifásicas y fluidos orgánicos. Preferentemente, las bolas pueden ser de un metal base y/o sus aleaciones (es decir, acero de aleación especial y/o con fuerte acción catalítica – con base de Ni, Cr, Fe, Mn, Co, Ti, etc.), pero también SiC y/u otros materiales cerámicos y/o ((Mg, Fe)₂SiO₄) y/o alúmina activada, sílice, zeolitas naturales o sintéticas, etc. con varias composiciones compatibles con las tensiones térmicas y mecánicas y la naturaleza corrosiva de la atmósfera de conversión. Los cuerpos conductores térmicos 4 pueden ser esféricos o no, con una superficie apta para la función con unas medidas de 0,5 mm a 100 mm, pero, preferentemente, de a 10 a 25 mm si se trata de bolas de acero, y pueden usarse de forma selectiva, calentarse/enfriarse adecuadamente para operar con temperaturas que varían de -200 °C hasta 1000 °C. En caso de

que se escoja un metal en estado líquido (metal fundido), preferentemente Sn, Bi, Zn, Pb y Al y/o aleaciones de los mismos con metales con efecto catalítico (es decir, Fe, Ni, Cr, Mn, Co, Ti, etc.), directa o indirectamente calentados/enfriados mediante intercambio térmico con otro fluido. Los portadores conductores térmicos compatibles con las aplicaciones pueden ser: fluidos criogénicos de hasta -200 °C (es decir, nitrógeno líquido, aire líquido etc.),
 5 soluciones acuosas con sólidos en suspensión de -5 hasta +90 °C, aceite de base mineral, ésteres naturales y/o sintéticos, polietilenglicoles y polipropilenglicoles y sus mezclas, fluidos silicónicos y/o fluorados de -40 °C a +320 °C, sales fundidas y/o sus mezclas con una temperatura de fusión de hasta 550 °C, metales fundidos y/o aleaciones de los mismos con temperaturas de fusión de hasta +1.200 °C.

10 Los portadores conductores térmicos se calientan o enfrían en modo continuo y de bucle cerrado a través de un reactor contiguo con las características de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2.

En el caso de los procesos termoquímicos (torrefacción, pirólisis y/o pirogasificación etc.), el suministro de energía puede proporcionarse directamente mediante la oxidación selectiva (parcial o completa) de una fracción de las matrices carbonáceas o una o más de las matrices carbonáceas producidas 110 en el reactor principal. De este modo, la propia matriz se convierte además en un reactor contiguo de circuito cerrado y confinado con la posibilidad de crear un proceso de autolimpieza y autosostenido desde el punto de vista energético.
 15

El rotor 9 está equipado con puntos de fijación adecuados cuando se fija un dispositivo interno 11 capaz de interactuar con dicha matriz carbonácea a convertir 6. Dicho portador conductor térmico 4 es capaz de prevenir el agarrotamiento irreversible con el bloqueo de la planta (factor crítico II). Los dispositivos internos pueden ser, preferentemente, del tipo de cajón simple 23 o con un perfil progresivo, reja de arado 24, alas 25, tornillo sólido o perforado 26, espiral sólida o perforada 27 o de tipo cestillo que contiene los cuerpos de carga de la superficie catalítica 28. En el caso del tornillo sólido o perforado 26, puede equiparse con un eje sólido o hueco posiblemente perforado para la inyección de fluidos de proceso procedentes de una entrada del cabezal rotatorio adecuada. En cada rotor 9 se integran uno o más dispositivos internos. Los dispositivos están configurados en diferentes tipologías de rendimiento optimizado de los procesos de conversión a los que se hace referencia en el campo de aplicación y su finalidad.
 20
 25

30 Dispositivos tales como los cajones 23, la rejilla de arado 24 y las alas 25 están fijados de un modo seguro, preferentemente con barras, en una cantidad superior a 2, atravesando los dispositivos simples fijados a los extremos del rotor 9. Las barras proporcionan una fácil instalación y eliminación de los dispositivos internos y constituyen las guías para la inserción de espaciadores simples y, posiblemente, de protectores de contención curvados del lecho de reacción para la protección mecánica y antidesgaste de la superficie interna del rotor 9.
 35

Sorprendentemente, esta configuración proporciona una condición de “riesgo cero de agarrotamiento”, ya que no hay componentes con movimientos entre sí en el interior del rotor 9 que, considerando la interacción de los portadores conductores térmicos, tales como bolas de metal 4, producen un desgaste anormal de las partes estructurales de la planta y un agarrotamiento irreversible (véase el factor crítico II). Los dispositivos internos 11 que son más susceptibles a un mayor desgaste, están hechos con partes fácilmente extraíbles que se consideran materiales “prescindibles” y protegen la estructura del rotor contra un desgaste y corrosión excesivos (factor crítico III).
 40

En caso de usar dispositivos internos específicos, las condiciones hiperdinámicas pueden aplicarse en el lecho compuesto por matriz carbonácea genérica a convertir 6 y bolas metálicas y/o cuerpos y/o portadores conductores térmicos 4 a través de la acción sinérgica entre una o más de las funciones siguientes de forma simultánea o secuencial: I- transferencia o disipación de calor (“transferencia”); II- transporte de material (“transporte”); III – mezclado de material (“mezclado”); IV-triturado del material (“molturación”); V- acción catalítica (“acción catalítica”).
 45

Con la adopción de uno o más dispositivos de cajón 23 o reja de arado 24 u otros dispositivos con un perfil progresivo, es posible crear las condiciones de conversión en estado hiperdinámico conforme a la acción combinada de todos los elementos que pueden realizar de forma individual un efecto triple: a- “mezclado” producido por su inserción en el lecho y desplazamiento lateral de la masa de partículas; b-2 “extracción o vaciamiento” de una parte proporcional del lecho con transferencia ascendente; c - “molturación” cayendo desde la posición más alta del lecho de modo que se maximiza el efecto cinético. El dispositivo interno espiral 27 equipado con inyectores 30 asociados con el distribuidor rotatorio 31 para el proceso del fluido realizado con un sistema de sellado de gas a través de un cabezal fijo 16. Se fija al rotor 9 y puede proporcionar la entrada longitudinal y sincronizada de dicho fluido del proceso 33 en la zona de conversión en el interior del rotor 9. Este dispositivo está esencialmente compuesto por: una parte fija 35 en la que se introducen los agentes oxidantes y/o fluidos del proceso 33 requeridos para la o las reacciones de conversión; un sello rotatorio 34 insertado entre la parte fija y la parte rotatoria que asegura el sellado; una parte rotatoria 32. Los fluidos del proceso 33, en caso de oxidación o gasificación de la matriz carbonácea, están compuestos por aire, oxígeno y/o vapor, mientras que en el caso de otros procesos, tales como, por ejemplo, “Explosión de vapor - SE” podría ser solo vapor saturado.
 50
 55
 60

65 El rotor 9 incluye un grupo de impulsor y soporte que incluye al menos un componente elegido de entre rodillos longitudinales 37, motorizados y sincronizados 36 que interactúan por fricción con la superficie externa del cuerpo

del rotor 9, un piñón motorizado 39 que engrana un engranaje de anillos fijado a un rotor 40, un eje motorizado montado por fuera del cabezal móvil en correspondencia con el eje longitudinal y un elemento flexible, tal como una cinta o cadena 44 que conecta un eje conductor a una superficie externa del cuerpo del reactor. Los grupos accionadores se pueden elegir en relación con la aplicación entre las posibles configuraciones del impulsor y el soporte 36, 38, 41, 43. Para garantizar el sellado en el eje conductor y en el eje de rotación de los rodillos con adecuada seguridad en la rotación, se incluyen empaquetaduras de seguridad que se pueden monitorizar y lavar de forma continua. El rotor 9 puede también realizar ambas funciones, es decir dirigir el componente y proporcionar el soporte estructural. Además, una característica del rotor 9 es la baja potencia de activación de torque y que, a su vez, conduce a un menor consumo de energía y a un desgaste limitado.

Para aplicaciones en las que se usa un metal fundido o aleación de metales como portador térmico conductor en un intervalo de temperaturas entre 250° y 1200° y superiores, el rotor 9 está formado, total o parcialmente, por los elementos siguientes (como se indica en la Figura6): el rotor 9 dirigido, posiblemente, por un eje hueco y radios 53 equipados con dispositivos internos 27 de tipo espiral o de alas y alas externas 51 para la recirculación de metal fundido 46; alojamiento 1 de contención fija de la reacción a ambiente; extremo de la interfaz de entrada 2 con bridas de sellado fijas 3; interfaz y conducto 47 para la entrada del metal fundido 46 y/o aleaciones del mismo; dispositivo de entrada 45 accionado por un empujador (o tornillo) para la matriz carbonácea genérica a convertir 6; cono de carga hermético 48 con agujeros para el paso del metal fundido circulante 46; cámara de paso con alas 52 para gases calientes 57 para el suministro de energía; extremo de la interfaz de salida con sistema de sellado dijo y brida 16 para mantenimiento y, posiblemente, empaquetadura 56 para la instalación del intercambiador de calor del haz del conducto 54 en material metálico o un cátodo 55 constituido esencialmente por un grupo de conductos (celdas) de material cerámico a alta temperatura (YSZ) y equipado con una capa superficial de aleación de níquel (Ni-YSZ) ambos localizados dentro del baño de metal fundido 50; brida y conducto de drenaje del metal fundido 62; brida y conducto de salida 59 de las matrices carbonáceas convertidas gaseosas, líquidas y sólidas 58 con brida y conducto de salida 61 de las cenizas 60 equipado con un dispositivo de extracción 63; cámara de conversión de óxidos metálicos y mezclado con matriz carbonácea que actúa como agente reductor irradiado por el dispositivo de radiación concentrada (microondas, radiofrecuencia, campos electromagnéticos y/o láser de potencia) 64 para mejorar la conversión regenerativa del óxido metálico en metal; capa de aislamiento térmico interno o externo 65.

La matriz carbonácea sólida 66 74 106 107 130 a convertir se puede suministrar desde el cabezal directamente en el rotor 9, por tanto en el baño de metal fundido 50. Posibles líquidos o gases se pueden inyectar desde el mismo cabezal de entrada directamente al interior del baño fundido mediante el dispositivo de inyección adecuado 45. La separación de las cenizas se produce mediante simple extracción 63 de la masa de metal fundido.

El portador conductor térmico, es decir el metal fundido 46, se controla termostáticamente de forma continua mediante un fluido termostático 57, producido posiblemente por la combustión de parte de la matriz carbonácea convertida 58 y que fluye a través de una cámara que presenta al menos una parte de la superficie con alas externa 52 en común con dicho alojamiento 1, de modo que se crea una planta de energía autosostenida. El perfil térmico en el reactor como resultado es homogéneo, por lo que se demuestra un mejor control de las condiciones de conversión para la matriz carbonácea.

El sistema modular puede proporcionar una pluralidad de módulos básicos, configurados para diferentes campos de aplicación e interconectados entre ellos en serie o en paralelo y que se pueden disponer en uno o más contenedores, de modo que se facilita la manipulación e instalación en el sitio deseado. El esquema de las posibles configuraciones se define en la Figura 8.

La planta modular se puede configurar con el módulo A, del cual se enumeran las principales características en la Figura 7. "Módulo A 102 - alimentación controlada y pretratamiento, cóctel"- proporciona una o más entre las funciones y/o los procesos clave: 1 - formulación de "cóctel" estabilizado y homogeneizado de matrices heterogéneas como tales mediante mezclado, pretratamiento; 2 - secado de la matriz carbonácea; 3 - alimentación de los reactores corriente abajo 109, 114 y 116 con dosificación de matrices sólidas, líquidas y gaseosas a convertir; 4- pretratamiento mecánico de alimentación de material sólido para reducción de volúmenes, y por tanto de su densidad evidente; 5 - posible adición de aditivos, catalizadores y/o agentes conservantes; 6 - alimentación en atmósfera controlada para la eliminación de oxígeno/aire, separando/compartimentalizando de este modo a varios niveles (primario y secundario) del ambiente de la reacción frente al ambiente extremo; 7 - recuperación de energía; 8 - posible recuperación de energía de aire y/o agua de condensación para reutilizar en los procesos de conversión; 9- posible inyección de la fracción líquida y/o gaseosa. Los productos que salen del módulo A incluyen: "Cóctel" de sólidos simple y/o premezclado para productos derivados (BioCok, Cok 126) 86 y/o compactados y precalentados 100 para inyección directa en el rotor 9; matriz acuosa recuperada del secado 72. Las principales características de los materiales son: 1- incremento de la densidad de energía, 2- incremento de la densidad volumétrica; 3- granulometría homogénea; 4- estabilidad quimicofísica; 5- incorporación dirigida (cuando es necesario para el tipo de conversión) de aditivos y/o catalizadores específicos y agentes de conservación (bactericidas, anti- moho y fungicidas etc.). El módulo A está compuesto principalmente de los siguientes elementos o dispositivos: contenedores, silos y sistemas de dosificación 67 para los diferentes tipos heterogéneos de matrices carbonáceas, ya que proceden, 66 posiblemente de sistemas o dispositivos para la reducción dimensional adecuada, mediante seccionamiento mecánico (es decir, triturado, astillado etc.) compatible con los dispositivos de transferencia 68 para

la formulación de “cócteles”, receptor rotatorio 70, alimentación con matriz carbonácea - “cóctel húmedo” 69, posiblemente no sellado, para el pretratamiento (secado, molturación y filtrado mecánico) equipado con dispositivo móvil con alas 25 y/o cajones 23 y la posible presencia de portadores conductores térmicos y/o cuerpos conductores térmicos 4 en los que se sopla en el lecho de forma continua un flujo gaseoso caliente 71 en caso de que sea necesario un presecado o precalentamiento, preferentemente procedente de recuperación de energía de la propia planta o de un sistema de calentamiento integrado auxiliar, posiblemente equipado corriente abajo con un condensador para recuperar el agua del secado 72; tolva de carga 78 y tornillo de transporte 75 de la matriz carbonácea sólida homogénea seca a tratar 73 o matriz carbonácea sólida con una baja concentración de agua 74 con válvula de confinamiento de la zona de atmósfera controlada 76; tolva de carga 78 y tornillo de transporte 79 para aditivos y/o catalizadores 77 y/o posibles cargas y/o conservantes y/o protectores y/o bactericidas y/o anti-mohos y/o fungicidas, con válvula de confinamiento de la zona de atmósfera controlada 80; tolva de mezclado 81, posiblemente calentada e integrada con un órgano de mezclado 82 para la homogeneización de la matriz carbonácea a convertir 73, 74 con aditivos y/o catalizadores 77 y equipado corriente abajo con tornillo de transferencia 83 posiblemente de perfil variable con dispositivo de radiación concentrada (microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos) 84; posible grupo de vacío 85 para la extracción de aire u otra fracción gaseosa de la matriz carbonácea compactada a convertir 92; posible dispositivo de alimentación de la matriz carbonácea 92 compactada mediante tornillo de alimentación de paso variable 96 equipado con cabezal térmico 99 y limitador 95 con posible introducción adicional de matrices líquidas 93 y/o impregnación; dispositivo para la entrada de la matriz carbonácea 92 compactada mediante un empujador 87 accionado por biela/manivela 89, pistón 90 o cremallera 91 equipado con un cabezal térmico 94 y un limitador 95 con la posible inyección adicional de matrices líquidas 93 y/o impregnación; expulsión de la matriz carbonácea sólida precalentada y compactada 100 para la inyección directa y conversión en el rotor 9. En el caso en el que la matriz carbonácea como tal presente características de homogeneidad dimensional y bajo contenido en agua (es decir, granulado de neumático, matrices poliméricas granuladas etc.), la fase de secado y pretratamiento no es necesaria y la matriz carbonácea homogénea seca a tratar 73 se alimenta directamente en la tolva de carga y dosificación 78. A la salida del tornillo de transferencia de la matriz carbonácea sólida 73 y/o 74 y/o aditivos/catalizadores 77, puede facilitar la extracción de la matriz carbonácea sólida 86 para producto derivado (Cok y Biocok 126) estabilizado y empaquetado en el módulo N 103.

La planta modular se puede configurar con el “módulo B 105 - extracción selectiva y/o conversión de múltiples fases, que hace referencia al módulo básico. El módulo B 105 proporciona una o más de las siguientes funciones y/o procesos clave: 1 - Conversión termoquímica y/o químico-física de matrices sólidas y/o líquidas y/o gaseosas que pueden funcionar de -200 °C hasta 400-500 °C a presión atmosférica negativo (vacío) o positiva; 2 - separación y/o reacción con agentes criogénicos de matrices heterogéneas de metales (es decir, neumáticos, residuos eléctricos y electrónicos, materiales compuestos en general etc.); 3 conversión de matrices sólidas, líquidas y gaseosas homogéneas para la extracción selectiva de compuestos y/o elementos (es decir, extracción de aceites vegetales, aceites de biomasa de algas, hidrocarburos, materiales biogénicos tales como taninos, lignina etc.; 4 - extracción pretratamiento de sustancias (es decir, celulosa, hemicelulosa, lignina etc.) por “Explosión de vapor-SE”; 5- adsorción y/o desorción selectiva de compuestos y/o elementos y/o principios activos; 6-descontaminación, deshalogenación y destoxificación química de POP y otros compuestos peligrosos mediante soportes de partículas y/o interacciones con líquidos y/o gases, así como reacciones químicas de catálisis y/o transferencia de fase con sólidos, líquidos y gases; 7- conversión de polipropileno y/o poliestireno primario o residual en el intervalo de temperatura de 300-500 °C para producir líquidos de energía de valor alto; 8- conversión de poliestireno residual con mono ésteres a temperatura de hasta 200 °C; 9- conversión de glicerina obtenida de la transesterificación en alcoholes mono y dihidricos mediante hidrogenación catalítica; 10 - los flujos de fracciones líquidas y/o gaseosas pueden estar en la misma dirección o en contraflujo y el modo de operación puede ser continuo y/o discontinuo; 11- deshalogenación catalítica de POP en baño de polipropileno en el intervalo de 300 °C a 500 °C. El reactor rotatorio se puede configurar en serie (secuencial) o paralelo y se puede colocar horizontal o inclinado con un circuito de bucle cerrado adecuado para la recirculación de las bolas y/o portadores conductores térmicos explotando la gravedad para la posible introducción de matrices gaseosas (es decir, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno etc.) o líquidas (p. ej., disolventes de extracción etc. mediante el dispositivo de distribución 31. El Módulo B se alimenta mediante un dispositivo de entrada específico para la matriz carbonácea sólida, líquida y gaseosa 101 así como para la conversión de múltiples fases (extracción, descontaminación, catálisis, etc.) . En el módulo B se obtienen, principalmente: aceites biogénicos y principios activos de biomasa de algas primaria 108; biomasa de algas secundaria 107; sólido biogénico 20 secundario 106; ésteres naturales 108; glicerina y/o líquidos biogénicos derivados 108; líquidos y/o gel obtenidos de poliestireno y/o ésteres naturales 108; lignina y/o taninos y/u otros bioderivados 108; extracto concentrado de celulosa, hemicelulosa, lignina etc., de biomasa; líquidos técnicos descontaminados destoxificados, etc. 108; líquidos y/o gases de hidrocarburo 108; suelo, arenas y/o soportes sólidos descontaminados 108; acero armónico y sólido pulverizado recuperado de neumáticos usados; metales de residuos eléctricos y electrónicos. Los procesos de extracción, descontaminación y/o destoxificación pueden ayudarse de dispositivos de irradiación concentrada (ultrasonidos, microondas, radiofrecuencia, campos electromagnéticos) 21 para reducir los tiempos y potenciar la eficiencia de los procesos de conversión. Pueden obtenerse aceites vegetales con procesos de extracción a diferentes temperaturas y para una acción mecánica simple (“mezclado”, “molturación” en condiciones hiperdinámicas) incluso en una única etapa, es decir sin separación de cáscaras y/o piedras (p.ej., Jatropha Curcas). Se pueden usar como ayuda para la extracción de disolventes únicos o secuenciales de acuerdo con diferentes polaridades ayudada posiblemente por un dispositivo de irradiación concentrada 21 con rendimientos de extracción (p. ej. 95 % para Jatropha Curcas). Los disolventes se

pueden aprovechar de forma continua en un circuito de bucle cerrado mediante una destilación por fracción al vacío. El proceso de extracción secuencial especial con disolventes ha demostrado, sorprendentemente, la capacidad de destoxificación del sólido derivado de la extracción de aceites biogénicos de *Jatropha Curcas*, como se indicará seguidamente en el Ejemplo II de la presente invención. En el módulo B, los procesos de transesterificación efectiva de aceites vegetales y/o grasas usando metanol que contiene metóxido sódico se pueden realizar mediante recirculación de bucle cerrado hasta 60 °C en presencia de portadores conductores térmicos, por tanto en condiciones hiperdinámicas en el reactor. Se obtienen ésteres naturales y glicerina. La glicerina, en particular, se puede convertir en material biogénico para la producción de biolíquidos para el uso de biopolímeros o biocombustibles. La glicerina se puede usar como tal como agente estabilizante en líquidos de pirólisis 117 para mitigar su tendencia a la polimerización o se puede someter a purificación. Los procesos de hidrogenación catalítica pueden convertir la glicerina en líquidos biogénicos, como se indicará seguidamente en el Ejemplo III de la presente invención.

Se pueden obtener líquidos y/o geles mediante procesos de conversión de poliestireno con temperaturas de hasta 80-100 °C con monoésteres (es decir, derivados de transesterificación de aceites vegetales) reduciendo al mismo tiempo los volúmenes de empaquetado (hasta 100 veces y más). Se pueden obtener taninos, principios activos y extractos y/o bioderivados 108 con procesos de extracción selectivos con disolventes en un intervalo de temperatura entre 80 y 100 °C posiblemente asistidos por un dispositivo de irradiación concentrada (ultrasonidos, microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos) 21. Se pueden obtener extractos de concentración de celulosa, hemicelulosa, lignina etc. de la biomasa mediante despolimerización selectiva por "Explosión de vapor -SE" con introducción de vapor saturado entre 150 °C y 220 °C durante un tiempo de 1 minuto a 180 minutos. El vapor se inyecta a través de un distribuidor rotatorio 31 optimizando las condiciones de intensidad del proceso (Ro). El proceso de "Explosión de vapor" para la producción de un "portador bioenergético" líquido se puede realizar mediante una configuración en cascada con reactores equipados con dispositivos adecuados y cuerpos conductores térmicos, tales como bolas metálicas, con el fin de mejorar la eficiencia con condiciones hiperdinámicas, en diferentes condiciones del proceso y asistidos, posiblemente, por un dispositivo de irradiación concentrada (ultrasonidos, microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos, etc.) 21 Se puede realizar descontaminación, despolarización selectiva (compuestos ácidos y/o corrosivos sulfurizados, como DBDS dibencilsulfuro hasta < 5mg kg-1) y deshalogenación y/o destoxificación de líquidos técnicos de POP, incluidos PCB y PCA, que se realizan mediante soportes de partículas, adsorbentes, reactivos y/o catalizadores. La cantidad de estos soportes de partícula, normalmente hasta el 5 % en peso con respecto al aceite se puede mezclar con o estar hecho de soportes de partículas basados en silicatos de aluminio y/o carbón activado y/o zeolitas en el intervalo de dimensiones de 0,5 y 5 mm y en la proporción típica de 50 a 70 % en peso, o constituidos por completo por los soportes indicados, junto con una mezcla de bases inorgánicas con metales alcalinos, básicos y alcalino-térreos (KOH, CaO, MgO, CaCO₃) en la formulación de partículas de 0,2 a 5 mm de gran superficie en la proporción típica de a 10 a 20 % en peso, polialquilenglicoles con un peso molecular alto en forma de partícula de 0,2 a 5 mm en la proporción típica de 10 a 20 % en peso, bolas y/o portadores conductores térmicos con una elevada superficie catalítica en un intervalo de dimensiones de 0,5 a 5 mm (constituidos preferentemente por Fe, Ni, Al, Cu, Zn y/o aleaciones de los mismos). Las condiciones operativas son de estado hiperdinámico en un intervalo de temperatura de 50 °C a 200 °C, preferentemente entre 80 °C y 100 °C y en condiciones de presión negativa (vacío) que puede llegar hasta 0,1 mbar. Este proceso también se puede extender a otros tipos de líquidos técnicos tales como diatérmicos, hidráulicos, lubricantes, endurecedores y/o electroerosión. Esta conversión puede estar asistida por uno o más dispositivos de irradiación de concentración 21 para reducir los tiempos de reacción y potenciar el rendimiento. Esta configuración está equipada con dispositivos de alimentación controlada integrados con filtración mecánica de hasta 1 µm. Una de las posibles aplicaciones es para aislar líquidos, en particular los usados en transformadores eléctricos, reactores y otros equipos estratégicos para la generación, transmisión, distribución y uso de potencia en general que se puede realizar mediante plantas fijas o móviles, compacto para intervención in situ en circuito de bucle cerrado sin siquiera drenar parcialmente el transformador o equipo. Los soportes de partículas saturados y/o gastados se pueden refuncionalizar para la recuperación del aceite u otro líquido técnico de impregnación con un proceso de extracción usando disolvente como se ha descrito en lo que antecede, mientras que el soporte de partículas se somete a pirólisis, en el módulo C 109, hasta 600 °C para su completa refuncionalización y recuperación como alternativa a los procesos de tratamiento actuales mediante combustión en columna o eliminación como residuos mediante incineración o eliminación en vertederos autorizados. Las arenas de alquitrán que contienen hidrocarburos en general y/o suelos contaminados en general se pueden convertir mediante procesos de extracción secuencial con disolventes para obtener hidrocarburos u otras matrices carbonáceas a valorar. En el caso de neumáticos, residuos WEEE y/o residuos de coches (ASR) y/o materiales compuestos en general, es posible facilitar la separación de metales u otros materiales de la matriz como tal que se va a convertir en condiciones de proceso concretas usando fluidos criogénicos tales como aire líquido o nitrógeno líquido hasta -200 °C y más que hacen la matriz carbonácea frágil como tal y, por tanto, facilitan la separación y la recuperación de metales y de contenidos materiales es decir, acero armónico de neumáticos usados etc.). Es posible realizar procesos de conversión termoquímica de polipropileno y/o poliestireno primario y/o residual en un intervalo de temperatura de 300-500 °C en presencia o no de catalizadores específicos para obtener un líquido de viscosidad baja con alto valor calorífico como "portador energético" u otras aplicaciones. En presencia de compuestos halogenados, por ejemplo PBB (polibromobifenilo), se observó sorprendentemente que es posible separar fácilmente el bromo (Br) en forma de ácido bromhídrico (HBr) que se puede reutilizar como tal o neutralizar con una base para formar la sal relevante. Por tanto, este proceso proporciona una sorprendente eficiencia para la deshalogenación de

algunos compuestos poliméricos residuales y la producción de un portador que facilita el tratamiento de emisiones de otros procesos que tienen concentraciones más altas de compuestos halogenados.

La planta modular se puede configurar con el “módulo C9- pirólisis hiperdinámica flexible”, que hace referencia al módulo básico descrito anteriormente. El módulo C 109 proporciona una o más entre las siguientes funciones y/o procesos clave: 1- conversión termoquímica entre 200 °C y 900 °C, dependiendo del tipo de proceso que se va a implementar; 2- torrefacción de biomasa entre 200 °C y 300 °C con tiempos de residencia entre 1 minuto y 60 minutos; 3- pirólisis de biomasa entre 350 °C y 700 °C con tiempo de residencia de 30 s a 30 min; 4- pirólisis de materiales no biogénicos entre 300 °C y 750 °C tiempos de residencia entre 1 minuto y 120 minutos y superiores; 5- gasificación de matrices carbonáceas sólidas entre 700°C y 900°C con tiempos de residencia entre 2 s y 10 minutos; 6- minimización de la pérdida de presión entre las partes aguas arriba y aguas abajo del módulo y la presión de operación con una ligera depresión con respecto a la atmosférica; 7- Atmósfera controlada (es decir, ausencia de oxígeno, lavado con gas de proceso y/o gas inerte y/o depresión para evacuar el aire) mediante sellado de seguridad; 8- posible uso sinérgico de portadores conductores térmicos con la finalidad de potenciar las funciones descritas en el módulo básico en condiciones hiperdinámicas; 9- autolimpieza de todo el sistema mediante el lecho fluido hiperdinámico proporcionado por los portadores conductores térmicos; 10- modalidades operativas de proceso de tipo continuo y/o discontinuo; 11- efecto catalítico mediante el suministro de uno o más reactivos y aditivo cooperadores catalíticos en concentraciones estequiométricas; 12- producción optimizada de char. En el módulo C es posible obtener, principalmente: torrefactos biogénicos (BioTor 111), carbón vegetal (BioChar 111), sólido de pirólisis (Char 111), carbón activado (BioActCoal 111), líquido de pirólisis (BioPyroLiq, PyroLiq 117), gas de pirólisis (BioPyroGas, PyroGas 124), sólido con alto contenido de metales ferrosos, no ferrosos y nobles 111. El torrefacto (BioTor 111) presenta las siguientes características de “factores bioenergéticos”: 1- densidad energética aumentada hasta un 30 % más con respecto al material; 2- reducción de un 35-40 % del volumen de las matrices carbonáceas heterogéneas como tales 66; 3- 3 % menor de humedad en peso; 4- propiedades hidrorrepelentes elevadas; 5- esterilización de bacterias, hongos, mohos y/o sus combinaciones que, de otro modo, funcionarían disminuyendo de forma progresiva el contenido energético e incrementando los riesgos higiénico sanitarios; 6- eliminación de los riesgos de autocombustión de las reservas; 7- fácil reducción de dimensiones (“capacidad de molturación”) y homogeneidad del material torrefactado; 8- mayor simplificación, seguridad y rentabilidad de la cadena logística (recolección, transporte, almacenaje, uso, etc.); 9- uso de co-encendido en general para reducir las emisiones de CO₂ de los procesos de combustión tradicionales que usan fuentes no renovables; 10- comerciar con certificados ligados a la reducción de las emisiones de CO₂. Char vegetal (BioChar 111) que presenta las siguientes características principales de los “portadores bioenergéticos) o como modificaciones agrícolas: 1- densidad energética potenciada hasta un 76 % más con respecto a la matriz carbonácea sólida heterogénea como tal 66; 2- posibilidad de usar como modificación agrícola para la potenciación de los rendimientos hasta un 20 % más; 3- posibilidad de uso en la captura de CO₂ (dado que 1 kg de biochar captura hasta 3 kg de CO₂e) -“Negativo para CO₂-CO₂N” 141; 4- uso en el co-encendido en general para reducir las emisiones de CO₂ de los procesos de combustión tradicionales usando fuentes no renovables; 5- comerciar con certificados ligados a la reducción de emisiones de CO₂. Los carbonos activados biogénicos (BioActCoal 111) presentan las siguientes características principales de los “portadores bioenergéticos”: 1- área superficial activa elevada de hasta 800-1.000 m²g⁻¹; 2- posibilidad de formulación en diferentes tamaños de partícula (briquetas, pastillas etc.) adecuadas para la aplicación directa o para impregnarse con catalizadores específicos (p. ej., tratamiento selectivo de aguas primarias y/o potables, tratamiento y filtración de aceites vegetales y/o técnicos); 3- posibilidad de ser reintegrado mediante refuncionalización mediante procesos de pirólisis asistidos por dispositivo de irradiación de concentración (microondas, radiofrecuencia y/o campos electromagnéticos). Los líquidos de pirólisis biogénicos (BioPyroLiq 117) presentan las siguientes características principales de los “portadores bioenergéticos”: 1- densidad energética potenciada con respecto a la matriz carbonácea sólida heterogénea tal cual; 2- simplificación mejorada, seguridad y rentabilidad en la cadena logística (recolección, transporte etc.); 3- uso en biorrefinería y uso en grupos de cogeneración de energía. Un proceso de pirólisis especial se aplica a la cadena de residuos de WEEE y permite la separación simultánea de la matriz orgánica en la fracción líquida (PyroLiq 117) y/o gaseosa (PyroGas 12 4), mientras que la matriz inorgánica resulta junto con la matriz carbonácea sólida (Char 111), en 1a que se concentra el contenido de metales ferrosos, no ferrosos y nobles, facilitando la recuperación metalúrgica y/o electroquímica selectiva de los metales que, de otro modo, sería difícil extraer. Al mismo tiempo, es posible realizar un proceso de deshalogenación y/o destoxificación de los compuestos halogenados POP que están presentes en el material eléctrico y electrónico inicial como componentes del propio material polimérico o como retardantes de la llama (es decir, PBB, PCB, etc.) mediante una reacción catalítica que los neutraliza en forma de ácidos (HBr, HCl, etc.) y una subforma de sales de los mismos. Esta aplicación se puede extender a materiales poliméricos y/o compuestos en general (p.ej., fibra de carbono, fibras de vidrio) que, de este modo, posiblemente se pueden recuperar y refuncionalizar más fácilmente junto con la carga, etc. Este enfoque también se puede aplicar a los procesos de desorción selectiva de compuestos orgánicos o hidrocarburos de matrices inorgánicas en general y/o conversión termoquímica, extracción y refuncionalización de soportes de filtrado (es decir, carbón activado, tierras de batán, diatomeas, gel de sílice, albúmina activada, zeolitas y pómez en las cadenas de alimentos o industriales en general) o en la descontaminación y/o tratamiento de suelos contaminados (suelos, materiales sólidos de partículas en general) y/o en arenas de alquitrán. Los procesos de deshalogenación y destoxificación de POP usan aditivos y/o catalizadores tales como CaO y/o CaCO₃ y/o KOH y/o MgCa(CO₃)₂ y/o ((Mg,Fe)₂SiO₄ y/o ZnO y/o MnO y/o CuO y/o Fe₂O₃ y/o MgO y/o MgCO₃, óxido o hidróxido de metal alcalino y/o metal alcalino térreo y/o alcoholato Cl-C₆ de metal alcalino y/o de tierra alcalina. Este proceso se clasifica como “tecnología de no combustión” de material

residual y/o residuos en general.

La planta modular se puede configurar con el “módulo D 114 - calentamiento y/u oxidación estequiométrica”, que hace referencia al módulo básico descrito. El módulo D 114 proporciona una o más entre las siguientes funciones y/o procesos clave: 1- calentamiento de las bolas y/o portadores conductores térmicos 4 en modo continuo y de bucle cerrado con el propio módulo C 109; 2 - conversión termoquímica de carbón torrefacto o char de pirólisis 110 obtenido de l proceso de conversión en el módulo C 10 9; 3- autosostenimiento energético del principal proceso de conversión termoquímica de 300 °C a 1050 °C dependiendo de la temperatura necesaria en el módulo C 109; 4- minimización de la pérdida de presión entre los laterales aguas arriba y aguas abajo del módulo y con presiones operativas ligeramente en depresión con respecto a la atmosférica y evacuación eficaz del gras producido; 5 oxidación de la matriz carbonácea mediante distribución selectiva y sincronizada de los fluidos del proceso 33 o de los agentes gaseosos o líquidos oxidativos 104 y 119; 6 - transporte, alimentación y dosificación de las bolas y/o portadores conductores térmicos 4 en bucle cerrado con el módulo C109; 7- transporte y levantamiento de las bolas y/o portadores conductores térmicos 4; 8- fácil evacuación de las cenizas 115 o matriz carbonácea convertida de la fracción pesada 19. En el módulo D se obtienen principalmente: gas de síntesis o biogás de síntesis de oxidación subestequiométrica 113, sólidos (Char o BioChar 111), cenizas y micronutrientes 115. Asimismo, en este módulo tiene lugar un proceso de conversión termoquímica en condiciones subestequiométricas capaces de generar la energía térmica primaria que satisface totalmente la demanda térmica de toda la planta modular y, en particular, del módulo C 109 para el calentamiento de las bolas y/o los portadores conductores térmicos 4 que constituyen, de hecho, el sistema de conversión más eficiente de matrices carbonáceas en energía térmica. La inyección y la distribución dirigida de los agentes oxidativos se realiza mediante un dispositivo distribuidor rotatorio especial 31 descrito previamente e indicado en la Figura 2 y la Figura 5.

La planta modular se puede configurar como “módulo E 116 - pirogasificación catalítica con metal fundido”, que hace referencia al módulo básico descrito. El módulo E 116 proporciona una o más entre las siguientes funciones y/o proceso clave: 1- conversión termoquímica directa y simplificada en diferentes condiciones de isoterma, si se necesita, de matrices sólidas, líquidas y gaseosas con el uso de metal fundido y/o aleaciones del mismo, en un intervalo de temperatura de 250 °C a 1200 °C y más, pero, preferentemente hasta 900 °C; 2- uso de aleaciones de metal fundido y/o aleaciones de los mismos con metales con efecto catalítico; 3- destilación fraccionada, regeneración y/o re-refinado de fluidos técnicos con base de hidrocarburo, ésteres naturales y/o sintéticos; 4- conversión integrada de óxidos metálicos en metales por un dispositivo de irradiación concentrada (microondas, radiofrecuencia, campos electromagnéticos y/o láser de potencia) 64 en ambiente reductor; 5- aplicación como un tipo MMA-SOFC de célula de combustible para la conversión directa en potencia eléctrica y térmica; 6- conversión y detoxificación de POP incluyendo PCB y/u otros compuestos orgánicos peligrosos. El módulo E se alimenta mediante un dispositivo de entrada específico de la matriz carbonácea sólida homogénea como tal a concentración baja de agua 74. En el módulo E se obtienen, principalmente: Gas de síntesis o Biosyngas 120, sólidos (Char O BioChar 111), cenizas y micronutrientes 115, matrices acuosas de recuperación 104, alto rendimiento eléctrico y/o de energía térmica y/o bioenergía132. En el módulo E, un metal fundido y/o aleaciones del mismo se usa como portador conductor térmico de modo tal que se obtiene un portador de intercambio térmico más eficiente y efecto catalítico. Esto proporciona una simplificación de los procesos y la compactación de la planta que la hace aplicable también para capacidades productoras reducidas. El oxígeno que está intrínsecamente presente en las matrices carbonáceas a convertir 6 reacciona con los metales que forman los óxidos relevantes. Estos óxidos, generados mediante la reacción, flotan junto con el char en el lado superior del reactor, ya que son más ligeros, y son recogidos en una zona restringida designada “cámara de reducción” 64 dispuesta sobre la superficie de metal fundido 50. Los óxidos metálicos se mezclan íntimamente con una matriz carbonácea (Char) caracterizada por una concentración elevada de carbono, por tanto capaz de absorber de forma eficaz la energía concentrada proporcionada por un dispositivo de irradiación concentrada (microondas, radiofrecuencia, campos electromagnéticos y/o láser de potencia) 64. De este modo, se crean condiciones fuertemente reductoras, proporcionando una conversión continua, refuncionalización y resuministro del metal en el reactor a temperaturas menores con respecto a los reactores típicos para metal fundido (Fe, aleaciones con Sn, y Zn operando a temperaturas de hasta 1600 °C) con un consiguiente aumento de la fiabilidad y la potencia de la unidad también en tamaños pequeños (de 50 a 1000 kWe). Asimismo, en este módulo tiene lugar un proceso especial de conversión de destilación fraccionada y/o térmica para obtener fluidos técnicos, aceites de re-refinado para la reformulación de nuevas bases de hidrocarburo. En esta sorprendente condición, es posible realizar también una configuración ultracompacta para la conversión electroquímica con células de combustible (MMA-SOFC ánodo de metal fundido - célula de combustible de óxido sólido) donde el metal fundido tiene la función del ánodo, es decir está eléctricamente integrado con el cátodo y opera a temperaturas de hasta 1000 °C. El ambiente de conversión electroquímica está formado esencialmente por metal fundido 50 alimentado continuamente con un flujo adecuado de matriz carbonácea heterogénea sólida, líquida y/o gaseosa (combustible) 6 y controlada adecuadamente en cuanto a su contenido en oxígeno. La concentración de oxígeno debe ser inferior al 2 % pero, preferentemente entre 0,1-0,2 %. El combustible que proporciona carbono para formar H2 y CO crea la condición para activar las reacciones electroquímicas de la célula de combustible (p. ej., en el caso de estaño - $\text{SnO}_2 \text{Sn} + 2\text{O}^-$) que originan electrones de acuerdo con las reacciones químicas conocidas ($\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$, $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$) como se indica en la Figura 6. El cátodo 55 está hecho, esencialmente, de un “grupo” de células elementales (conductos) y las paredes de cada celda simple están compuestas por dos capas. La primera capa hace de electrolito y está formada por un material cerámico especial, preferentemente circonio estabilizada con itrio (YSZ) y capaz de ser permeable a iones oxígeno, mientras que la segunda capa,

externamente en contacto con metal fundido 50 es, preferentemente, una aleación de níquel y material cerámico con base de circonio (Ni-YSZ). Así, la corriente de electrones se capta continuamente de los terminales. El rendimiento eléctrico típico de los resultados de la célula eléctrica simple es equivalente a 0,65 V/célula y la potencia eléctrica equivale a 1,5 W/cm². De ese modo, la totalidad del reactor de conversión de la matriz carbonácea genérica 6 se convierte en un sistema de cogeneración eficiente y compacto con una eficiencia eléctrica hasta 52 % y más y una eficiencia total de hasta un 90 %. La temperatura operativa en la configuración MMA-SOFC es de hasta 1 000 °C. Lo compacto de esta solución permite una interconexión descentralizada más fácil en redes eléctricas “inteligentes”. Para extender la flexibilidad de la conversión operativa, es preferible con aditivos en la matriz carbonácea inicial 6 con bases como, por ejemplo, CaO y/o CaCO₃, MgO y/o MgCO₃, para neutralizar y/o destoxificar derivados de azufre y de orgánicos halogenados con cloro, flúor, bromo. Una planta modular con rotor 9 con metal fundido se clasifica como un proceso de conversión de matrices carbonáceas heterogéneas, por ejemplo halogenadas, que contienen y/o están contaminadas con POP, incluyendo o no PCB y otros compuestos orgánicos peligrosos, alternativa a los procesos de incineración tradicionales mediante combustión a temperatura alta (1200 °C con tiempo de residencia >2 s) y se caracteriza como una “Tecnología de no combustión” para materiales residuales y/o residuos en general. Esta aplicación del proceso que se lleva a cabo sin la entrada de agente oxidante para prevenir la formación de subproductos muy peligrosos (p.ej., dioxinas PCDD, PVDF-furanos) y se explica en el presente documento a título de ejemplo, se puede usar en condiciones de temperatura inferior (en el intervalo de 450-750 °C) con acción catalítica de la aleación de los metales fundidos y, posiblemente, con la ayuda de agentes de cooperación, como donantes primarios o secundarios de hidrógeno con la posible adición de CaO y/o CaCO₃ y/o KOH y/o MgCa(CO₃) y/o (Mg,Fe)₂SiO₄ y/o ZnO y/o MnO y/o Fe₂O₃ y/o MgO y/o MgCO₃, óxido o hidróxido de metal alcalino y/o de tierras alcalinas y/o alcoholato de Cl-C6 de metal alcalino y/o de tierras alcalinas, obteniendo la destoxificación de POP y la recuperación de “materias primas secundarias” (p. ej., ácidos de cloro HCl, bromo HBr y/o sales de los mismos, matrices carbonáceas líquidas y/o gaseosas con elevada potencia energética etc.).

La planta modular se puede configurar como “módulo F 118- gasificación catalítica hiperdinámica”, que hace referencia al módulo básico descrito anteriormente. El módulo F118 proporciona una o más de las siguientes funciones y/o procesos clave: 1- gasificación de las matrices carbonáceas volátiles convertidas 113 obtenidas mediante el módulo C 109 y D 114 en gas permanente de 700 °C hasta 1200 °C, preferentemente en torno a 850 - 900 °C mediante inyección de los agentes oxidantes; 2- acción catalítica con la ayuda de catalizadores de gran superficie en condiciones hiperdinámicas; 3- minimización de la producción de POP/alquitranes y compuestos ácidos; 4- minimización de la pérdida de presión entre la corriente arriba y la corriente abajo del módulo y con las presiones operativas ligeramente inferiores con respecto a la atmosférica (depresión) y evacuación eficaz de los gases producidos; 5- condiciones de autolimpieza; 6- fácil evacuación de las cenizas 115; 7- producción de nanotubos de carbono de pared múltiple e hidrógeno H₂. En el módulo F se obtienen, principalmente: gas de síntesis o Biosyngas 120, cenizas y micronutrientes 115, materiales avanzados tales como nanotubos con pared múltiple, hidrógeno H₂, fibra de carbono, cargas secundarias y energía. El Módulo F 118 tiene un lecho de partícula fluidificada conductor térmico 128 posiblemente integrado con el depósito de metal catalítico en los poros internos, tal como, por ejemplo, níquel y/o sus aleaciones. Para este fin, en el cabezal del rotor hay un dispositivo transportador de las matrices carbonáceas convertidas volátiles 113 (procedentes del módulo C 109) y, posiblemente, gas producido por el módulo D 114. El reactor está equipado con cabezal rotatorio para la inyección del agente oxidante (aire/oxígeno) 119 y vapor 104 que desencadena el incremento requerido de temperatura y que en una concentración subestequiométrica, convierte en gas permanente las fracciones orgánicas que interaccionan con el soporte de partícula catalítica formando el lecho móvil 28. Como agente oxidante, usa la matriz gaseosa 119 rica en oxígeno procedente del módulo H 127. El rotor también está equipado con un dispositivo de alimentación del soporte de partícula que normalmente está hecho de secciones de espiral 27 con inicio de contrarrotación fijada al propio rotor 9 y puede proporcionar el transporte en modo continuo del lecho catalítico móvil 28 en la sección central, maximizando su altura. En la sección central 11 pueden estar presentes dispositivos específicos adecuados para asegurar de un modo continuo las condiciones operativas hiperdinámicas y capaces de valorar la calidad funcional y energética del gas producido. La conversión en gas permanente (gas de síntesis 120) se produce con la ayuda de mezclas compuestas por catalizadores a base de metales tales como, por ejemplo, Ni, Cr, Mn, Fe, Co, Ti, etc. y/o aleaciones de los mismos. También se puede usar adicionalmente como integración como aditivos y óxidos catalizadores y/o silicatos, tales como, por ejemplo, (Mg,Fe)₂SiO₄, MgCa(CO₃)₂, SiC, Al₂O₃ activado, gel de sílice, etc. y aditivos de neutralización para los compuestos ácidos (p.ej. H₂S, HBr, HCl, etc.) tales como, por ejemplo, KOH, CaO, MgO, CaCO₃ etc. Esta configuración garantiza una eficiencia de conversión elevada en gas de síntesis respetando lo que son las características que distinguen un lecho fluidizado: mezclado optimizado del lecho, homogeneidad de la temperatura, velocidad de calentamiento elevada de los vapores orgánicos de la pirólisis, posibilidad de añadir aditivos y/o catalizador, posibilidad de circulación interna o externa del material que constituye el lecho, capacidad intrínseca de autolimpieza. Para optimizar la capacidad de autolimpieza, la acción de fricción continua en estado dinámico se explota para la limpieza externa e interna de los cuerpos de carga catalíticos. La propia fricción entre los cuerpos de carga garantiza la limpieza de las superficies externas, mientras que los cuerpos de carga auxiliares (es decir, bolas pequeñas 4 de un diámetro menor que la sección interna de los cuerpos de carga) tienen la función de cruzar, friccionar y mantener limpias las superficies catalíticas internas. Los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT) se pueden obtener mediante conversión catalítica de dos etapas del gas de síntesis a temperatura alta mediante el uso de catalizadores específicos que pueden ser ferroceno Fe(C₅H₅)₂ y otros compuestos metalorgánicos y sus derivados, compuestos intermetálicos obtenidos de carbonatos de lantano, neodimio y níquel, p.ej. LaNi₅ y NdNi₅, que produce de forma simultánea una mezcla con un contenido elevado de

hidrógeno cuyo resultado es el subproducto principal de la producción de nanotubos de carbono de pared múltiple.

5 La planta modular se puede configurar con el “módulo G 122 - tratamiento integrado de gases”. El módulo G 122 proporciona una o más de las siguientes funciones y/o procesos clave: 1- disminución de la temperatura del gas desde 1000 °C a temperaturas compatibles con el uso aguas abajo con pérdidas bajas de presión y bajo una ligera depresión; 2- condensación de las matrices líquidas a temperaturas bajas y posible regulación de la temperatura del proceso de las fases simples en función de la temperatura del punto de rocío de los condensables; 3- eliminación de POP, alquitranes, NH₃, partículas sólidas y otros contaminantes hasta una concentración compatible con la aplicación y prescripciones ambientales; 4- consumo bajo de energía, máxima compacidad y flexibilidad operativa
10 con una eficiencia elevada y fácil recuperación energética del calor eliminado. En el módulo G se obtienen, principalmente: Biogas de síntesis o gas de síntesis 124, matrices acuosas intermedias 123, cenizas y micronutrientes 115 y matrices carbonáceas a convertir 121 y líquido de pirólisis (BioPyroLiq y PyroLiq 117). El gas de síntesis o biogas de síntesis 124 se caracterizan por estar libres de POP y alquitranes 143, es decir presentan una concentración de contaminantes por debajo de lo que prescriben las normas locales y por los requisitos impuestos por las aplicaciones corriente abajo. En lo que se refiere a los alquitranes, se consiguen niveles por debajo de 50 mg/Nm³ y para valores de NH₃ inferiores a 25 mg/Nm³. La planta modular de la que se obtienen las matrices carbonáceas convertidas 117 y 124 se caracteriza por el bajo impacto ambiental en términos de emisiones totales bajas a la atmósfera 139.

20 La planta modular se puede configurar con el “módulo H - fotobiorreactor para microalgas”, que se localiza corriente abajo de los otros módulos que forman la planta. El módulo H proporciona una o más de las siguientes funciones y/o proceso clave: 1- conversión integrada de las emisiones gaseosas de los procesos termoquímicos primarios corriente arriba con “cero emisiones- ZE” 142; 2- conversión bioquímica de las matrices carbonáceas mediante biosíntesis del CO₂ obtenido de los procesos y/o sistemas de cogeneración (CHP), de los compuestos de NO_x y partículas, de los microelementos contenidos en las cenizas de pirogasificación, de las matrices carbonáceas contenidas en las aguas del proceso y la recuperación de energía; 3- realización de un ciclo de autoproducción localizado virtuoso; 4- producción in situ de oxígeno como producto derivado del cultivo de biomasa de algas; 5- módulo compacto, instalable en contenedor, con dispositivos para el crecimiento de reservas de microalgas. En el módulo H se obtienen, principalmente: biomasa de algas primarias 130; gases a una concentración muy alta de oxígeno 119. Las biomasa de algas primarias 130 se pueden secar en el módulo A 102 y liofilizar, empaquetar (como polvo, granulado, pastillas etc.) en el módulo N 103 para formar un producto derivado de biomasa de algas 136 para su uso como complemento alimentario (para animales, piscifactorías, etc.) o como “portadores bioenergéticos”. El módulo es compacto, apilable, puede instalarse en contenedores en serie o en paralelo y tiene reactores tubulares equipados con iluminación integrada por ciclos de luz artificial optimizados para el cultivo de reservas de algas en general, que se intensifica adicionalmente mediante la acción combinada de estimulación bioeléctrica y la inoculación dirigida de micronutrientes con agentes quelantes específicos.

40 La planta modular se puede configurar con el “módulo I 133 - interfaz para varios módulos”. A título puramente simplificante, los módulos descritos antes descritos deben estar en interfaz adecuada con uno o más de los siguientes módulos externos; 1 - módulo de utilidades para continuidad energética y eléctrica en caso de emergencia; 2- dispositivo para el soplado de gas inerte para apagado regulado con el fin de prevenir la formación de condiciones potencialmente explosivas y su posible desencadenamiento; 3- dispositivo de combustión y tratamiento de las emisiones (p.ej., antorcha pirólítica) en caso de inicio/apagado de la planta o emergencia, incluyendo el sistema de transporte controlado de emisiones accidentales; 4- supervisión y monitorización de los diversos procesos de conversión en modo remoto y redundante, incluyendo el módulo para diagnóstico, mantenimiento y aprendizaje desde la web también en modalidad remota.

50 La planta modular se puede configurar como el “módulo L 131- módulo de cogeneración (CHP) - que hace que la planta modular sea capaz de funcionar de forma autónoma y al mismo tiempo suministrar potencia eléctrica a la red, potencia térmica y/o refrigerante 132, posiblemente en “redes eléctricas inteligentes”. El módulo de cogeneración para la producción de energía eléctrica, térmica y/o refrigerante 132 se puede fabricar con la ayuda de motor endotérmico (gas, líquido, combustibles, “combustible doble” etc.), motores Stirling, turbina a gas; células de combustible (independientes de SOFC y/o integración total con el módulo I), generador turbo ORC (Ciclo Rankine con fluido orgánico) etc. Con los motores de gas es posible alcanzar eficiencias en términos de conversión energética de la matriz carbonácea como tal 66 en la producción de bioenergía eléctrica y térmica 132 de hasta el 30 % en energía eléctrica y más del 80 en general. En el caso de que los productos se usen completamente con la finalidad de cogeneración de matrices carbonáceas convertidas biogénicas gaseosas 124 o líquidas 117, el balance de CO₂ resulta en “neutro para CO₂-CO_{2n}” 140.

60 La planta modular se puede configurar como “módulo M 134 -micro GTL (Fischer-Tropsch)” que deriva del módulo básico, capaz de producir líquidos avanzados (intermedios para productos químicos, farmacéuticos, cosméticos etc.) y “portadores bioenergéticos” de calidad. Este proceso de conversión GTL se produce en presencia de catalizadores metálicos de partículas en suspensión con un gas de síntesis que muestra una proporción de H₂/CO de aproximadamente 1,5-2 veces y, posiblemente, con la ayuda de la presencia de un portador líquido de aceite y/o con la ayuda de un dispositivo de irradiación concentrada (microondas, radiofrecuencia, campos electromagnéticos) 21.

La planta modular se puede configurar como “módulo N 103 -estabilización y empaquetamiento”, incluyendo uno o más dispositivos para el empaquetamiento mediante compresión (granulado, pastillas, briquetas, reservas, etc.) y/o liofilización de los “productos derivados” y “portadores energéticos y bioenergéticos”. El módulo N se alimenta con matriz carbonácea sólida para productos derivados (Cok and Biocok 126) y/o con matriz carbonácea pesada 19
 5 procedente de los tratamientos de torrefacción, pirólisis etc. para productos derivados (BioTor, Biochar 111, negro de carbón 112). La estabilización, homogeneización y empaquetamiento de seguridad se realizan para la clasificación, con vistas a obtención de la tarjeta de seguridad (REACH), para la manipulación, transporte de productos peligrosos (ADR, IMCO, etc.) y para el uso. Este módulo es estratégico en cuanto a la prevención de riesgos no razonables para trabajadores, la salud pública y el ambiente, y, en concreto, para accidentes producidos por autocombustión,
 10 explosión y fuego (p.ej., carbón de pirólisis no compactado).

Ejemplos

Seguidamente se dan algunos ejemplos simplificados pero no limitantes de algunos resultados de la posible configuración con la planta modular para algunos procesos de conversión típicos de matrices carbonáceas presentadas en el campo de aplicación y su finalidad.

EJEMPLO I

20 Reactor rotatorio e intercambio térmico proporcionado por bolas de acero con portador conductor térmico.

Los resultados se indican en la tabla I.

Tabla I

Tipología del reactor	Reactor rotatorio con bolas metálicas	Horno rotatorio convencional calentado únicamente en el exterior de la camisa
Flujo de material [kg h ⁻¹]	650	
Humedad relativa [% en peso como tal]	15	
Demanda de material de proceso [t año ⁻¹]	5200	
Temperatura de pirólisis [°C]	500	
Tiempo de residencia [min]	7	
Demanda energética para pirólisis h Wh kg ⁻¹ [matriz carbonácea]	0,7	
Potencia térmica requerida para pirólisis [kW]	455	
Diámetro del rotor [mm]	700	3000
Longitud del rotor [mm]	4000	11.500
Carga del rotor [% en diámetro]	40	Desconocido
Bolas metálicas (diámetro 18 mm masa 0,024kg--1 superficie de la esfera 1,02 m ²)	AISI 310	ND
Superficie de intercambio térmico disponible en el reactor con los portadores conductores térmicos [m ²] ¹	108	NO
Superficie externa del rotor [m ²]	8,8	Desconocido
Proporción en volumen de los rotores	1:52,6	

25 Al comparar las dimensiones típicas requerida por el reactor rotatorio con bolas metálicas con las de un horno rotatorio convencional calentado únicamente por fuera de la camisa, las primeras son inferiores por un factor de hasta 50 veces en términos de volumen ocupado con la misma capacidad de flujo y demanda energética primaria. Las características de la presente invención permiten una reducción drástica de los tiempos de conversión y, en consecuencia, de las dimensiones de la planta con la misma capacidad de liberación de matrices carbonáceas genéricas a convertir 6. Una contribución 5 adicional y decisiva a la potenciación del coeficiente global de intercambio térmico se proporciona mediante el estado hiperdinámico 10 en el reactor, la distribución uniforme del lecho y el contacto íntimo con la propia matriz carbonácea. El estado hiperdinámico deriva de la acción sinérgica de los órganos internos 11 que proporcionan las funciones de transporte, “mezclado”, “molturación” y posible acción

catalítica que caracteriza la interacción con las bolas metálicas y/o los portadores conductores térmicos 4 en el rotor 9 (Figura 4). Esto es más evidente, por ejemplo, cuando se compara con la planta Haloclean® (EP 1354172 A1), en la que la matriz carbonácea dentro del horno rotatorio es transportada por un tornillo. Asimismo, los tiempos de residencia indicados y las dimensiones del reactor proporcionadas por el manual técnico-comercial "Pyrobio 20 Energy+ PyroGazeification des Matieres Organiques" de Finaxo Environnement de 2008 respecto a la tecnología (W02005018841 A2) se pueden comparar con aquellos que es posible asumir que las condiciones hiperdinámicas permiten la reducción de los volúmenes del rotor en al menos 3 veces con la misma capacidad de producción. Las condiciones hiperdinámicas en las que se produce la conversión en el reactor sujeto de la presente invención proporcionan, sorprendentemente, una respuesta al factor crítico VII antes descrito y resuelven los factores críticos indicados también en la patente W020130988 A1 sobre la correlación entre las dimensiones de las partículas y la contribución del calor que determina la eficiencia de la conversión termoquímica de acuerdo con la muy conocida relación $t\Delta T \geq Cdx$ en la que t es el tiempo necesario para la conversión, ΔT

el incremento de temperatura en el núcleo de la partícula de la matriz carbonácea, C es una constante relativa a la velocidad de avance del frente térmico en la partícula [s/m] y dx es el índice del tamaño de partícula de la matriz de partículas. Para la comparación con otros portadores térmicos usados, a título simplificante, se asume de forma optimista que el coeficiente global del intercambio en el horno convencional es equivalente al considerado en el caso de presencia de las bolas y/o portadores conductores térmicos 4. Como norma general, el uso de bolas de acero como portadores conductores térmicos proporciona un intercambio térmico mucho más eficiente con respecto a todos los sistemas de conversión que usan arena de cuarzo o similares. Esto implica una fuerte reducción de los volúmenes requeridos en, por ejemplo, gasificadores con lecho de fluido recirculante como el de Güssing (Austria) mencionado en la presente patente en la sección Estado de la técnica. Asimismo, el uso de bolas metálicas previene los factores críticos representados por la formación de partículas ligeras derivadas de la disgregación de la arena.

EJEMPLO II

Conversión integrada de matriz carbonácea oleaginosa *Jatropha Curcas*

Los resultados se presentan en las Tablas II, III, IV, V. Entre la recuperación de aceite, se presenta en el presente documento tras el caso de aplicación con *Jatropha Curcas* (familia Euphorbiaceae). El contenido en aceite de la semilla puede alcanzar el 55-60 % de su peso. La cáscara y el hueso de la semilla de *Jatropha Curcas* representan aproximadamente el 60 % y el 40 % de la masa total de la semilla. El hueso es rico en lípidos y proteínas, pero también contiene una cantidad significativa de fibras detergentes y cenizas. Los triglicéridos son los componentes principales del aceite de *Jatropha Curcas*, que representan aproximadamente el 90 % de la masa total de los lípidos. El actual Estado de la técnica implica la extracción típica mediante prensado mecánico después de descascarar las semillas en molino y de prensarlas fuertemente hasta extraer el aceite en una única etapa. Este nivel de extracción no es completo y, en cualquier caso, tiene una eficiencia baja (aproximadamente 30-38 % en peso). El aceite extraído requiere la posterior filtración y "desengomado". Otro procedimiento de extracción usa uno o más disolventes, por ejemplo hexano, que proporciona una eficiencia de extracción superior al 90 % en peso del aceite total contenido en la semilla. Cuando este procedimiento de extracción es asistido, además de por un disolvente (es decir, hexano), también por un dispositivo de irradiación concentrada con ultrasonidos 21 en un bucle cerrado, operando en modalidad continua o discontinua, el rendimiento se puede potenciar hasta un 95 % y más con una reducción significativa de los tiempos. Uno de los factores críticos del uso de *Jatropha Curcas* es la extracción del residuo 20 sólido ("torta") a una toxicidad elevada para seres humanos y animales de algunos compuestos presentes en las semillas, entre ellos algunos inhibidores de la tripsina. La tripsina es, de hecho, una enzima fundamental en la digestión de proteínas, tanto en nutrición animal como humana. En la Tabla II se indican las concentraciones de los componentes tóxicos y antinutricionales en la "torta" desaceitada de diversas variedades de *Jatropha Curcas* y la "torta" de semillas de soja:

Tabla II

Componente		Toxicidad alta de <i>Jatropha</i>	Toxicidad baja de <i>Jatropha</i>	Semillas de soja
Lectina (anti-nutriente)	[mg g ⁻¹]	102	51	0,32
Inhibidor de tripsina (anti-nutriente)	[mg g ⁻¹]	21,3	2,6, 5	3,9
Fitatos (anti-nutriente)	[%]	9,4	8,9	1,5
Saponinas (anti-nutriente)	[%]	2,6	3,4	4,7
Ésteres de forbol (tóxicos)	[mg g ⁻¹]	2,8	0,11	-

Fuente: Makkar & Becker 1997; Soya Mainz GmbH and Co KG. Dannweg 2, Mainz, Alemania

Por este motivo, las matrices líquidas y sólidas ("torta") no se pueden usar directamente para la nutrición humana o animal. Por tanto, la fracción oleosa encuentra aplicaciones principalmente para una posterior conversión en biodiesel mediante transesterificación. Los compuestos más tóxicos son los "ésteres de forbol"- PE) y son

potenciales inductores de tumores en seres humanos. Usando experimentalmente el reactor rotatorio con bolas, se ha verificado, sorprendentemente, que en una única etapa es posible conseguir la extracción completa de los ésteres de forbol. Esto se produce mediante las fases simultáneas de alimentar la semilla en un módulo simplificado A 102, transporte y tiempo de residencia correspondiente, calentamiento, "mezclado" y "molturación" dentro del módulo B 105 y, por tanto, en condiciones hiperdinámicas. Esta conversión puede estar asistida, posiblemente, por un dispositivo de irradiación concentrada con ultrasonidos 21 y puede funcionar en modo continuo o discontinuo en presencia de disolventes, incluidos hexano, metanol, etanol, isopropanol y acetonitrilo- El procedimiento efectuado para los ensayos implementó la extracción del aceite mediante disolventes sencillos o extracción secuencial con disolventes de diferentes polaridades. El disolvente se ha recuperado en bucle cerrado mediante evaporador de vacío y el aceite se ha cuantificado después gravimétricamente. La extracción se lleva a cabo con los disolventes, descontaminación y destoxificación de los compuestos tóxicos presentes en la matriz sólida. La posterior transesterificación de la fracción de aceite se realiza con metanol que contiene 0,15 % de metóxido sódico (CH₃ONa) a través de la recirculación en bucle cerrado a 60 °C. La transesterificación se ha monitorizado mediante cromatografía en capa fina TLC. Una vez que se han consumido todos los triglicéridos, el metanol se recupera mediante destilación al vacío en bucle cerrado, mientras que la parte de transesterificación en términos de metóxido sódico y metanol se ha consumido estequiométicamente. Después, la glicerina se retira y se convierte en una modalidad distinta en productos biogénicos de un valor mayor. A partir de la extracción secuencial de la "torta" con diferentes tipos de disolventes, se obtienen las siguientes concentraciones de ésteres de forbol (PE), como se indica en la Tabla III.

Tabla III

Disolventes para extracción secuencial	Concentraciones de los ésteres de forbol (EP) en el material inicial [mg g ⁻¹]	Fracción oleosa extraída 108 [%]	Concentración de PE en el material del proceso tras extracción secuencial [mg g ⁻¹]
Hexano Isopropanol	4,55	57,4	0,55
Hexano Etanol	4,55	57,6	0,1
Hexano Metanol	4,55	58,1	< 0,02

Los niveles de concentración residual de los ésteres de forbol (PE) obtenidos mediante los procesos de extracción secuencial con disolvente, hexano y metanol demuestran, sorprendentemente, toxicidad por debajo de la prescrita equivalente a 0,1 mg g⁻¹ para algunas variedades de mexicanas de *Jatropha Curcas*. Los antinutrientes enumerados en la tabla anterior se eliminan mediante un tratamiento posterior de la torta" por tratamiento enzimático o calentamiento a 120 °C durante aproximadamente una hora, explotando mejor el intercambio térmico proporcionado por los cuerpos conductores térmicos 4 en contacto íntimo con la "torta" que se va a tratar 6. Los resultados obtenidos con este proceso se indican en la Tabla IV.

Tabla IV

Antinutrientes o componentes tóxicos		Concentración en la variedad muy tóxica	Concentración en la variedad poco tóxica	Harina dextoxificada de <i>Jatropha</i>
Lectina (anti-nutriente)	[mg g ⁻¹]	102	51	5
Inhibidores de tripsina (anti-nutriente)	[mg g ⁻¹]	21,3	26,5	< 2,0
Fitatos (anti-nutriente)	[%]	9,4	8,9	< 1,0
Saponinas (anti-nutriente)	[%]	2,6	3,4	1,8
Ésteres de forbol (tóxicos)	[mg g ⁻¹]	3-6	0,11	< 0,01

La "torta" obtenida tras la destoxificación y el proceso de neutralización anti-nutrientes ha sido objeto de un estudio de nutrición animal, en particular en pollos. Los resultados de este experimento se indican la Tabla V.

Tabla V

Harinas de <i>Jatropha</i>
Tratamiento dietético

Número de cabezas usadas para el estudio = 14 (para cada tratamiento)			
Tratamiento	Dieta	Mortalidad 1 semana	Mortalidad 2 semanas
1	Control positivo con A (dieta inicial con aproximadamente el 35 % de A)	0	0
2	5 de B primario (30 % de A+ 5 % de B no extraído y no tratado para inhibidores de tripsina)	9	Interrumpida*
3	5 % de B como harina primaria (30 % de A+ 5 % de B no extraído y tratado para inhibidores de tripsina)	8	Interrumpido*
4	5 % de B mediante extracción tradicional (30 % de A+ 5 % de B extraído y tratado para inhibidores de tripsina)	3	Interrumpido*
5	5 % de B (30 % de A+5 % de B con extracción secuencial y tratamiento para inhibidores de tripsina)	0	0
6	15 % de B	0	0

*Interrumpido por mortalidad alta

A = harina de soja

B = Harina de Jatropha

Proporción de mortalidad:

- 5 "Torta" primaria tratada y no tratada > "torta" tratada y extraída de forma tradicional >> "torta" extraída y tratada 5 de forma secuencial.

A partir de los resultados enumerados en la Tabla V, la eficiencia del proceso de extracción secuencial se demuestra para la producción de sólidos biogénicos secundarios 106 "torta" destoxificada con un elevado contenido proteico.

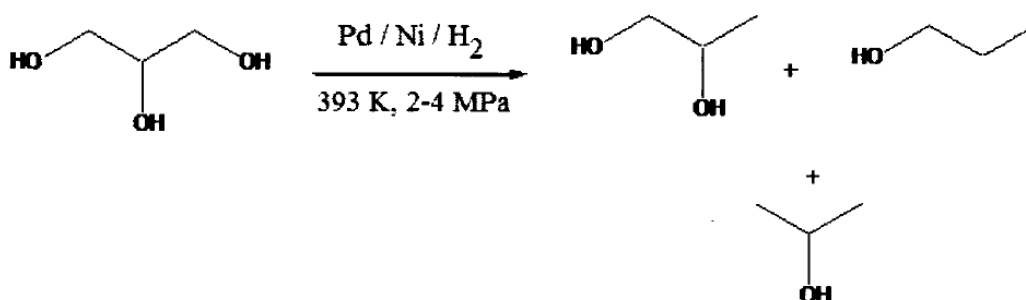
- 10 La "torta tóxica" se puede convertir mediante tratamientos específicos en torrefacto (BioTor 111) o BioChar 111 y/o gas de síntesis 125 y energía 132 directamente en el punto de producción y/o cerca de las plantaciones.

- 15 Estos procesos de extracción también se pueden optimizar para otras tipologías de semillas oleaginosas, tales como aceitunas, soja, arroz, palma, colza, girasol, ricina, *Pongamia pinnata*, etc. Una serie de aplicaciones en la cadena de extracción de principios activos, aceites en general e hidrocarburos 108 procedentes de filtrar los soportes (es decir, filtración de la tierra con tierras de batán, tierras diatomeas, gel de sílice, alúmina activada, zeolitas y pómez en la cadena de alimentación o industrial en general) o en el campo del tratamiento de suelos contaminados (p. ej., suelos, materiales sólidos en partículas en general). Además de esto, la extracción de hidrocarburos 108 de arenas de alquitrán y/o de matrices sólidas impregnadas tiene particular relevancia.

EJEMPLO III

- 25 Conversión integrada de matriz carbonácea biogénica- transesterificación de glicerina e intensificación energética de mezclas con biolíquidos.

- 30 El reactor rotatorio proporciona también una eficiencia elevada de la transesterificación de aceites biogénicos, como aceite de Jatropha Curcas, aceite de soja, aceite de palma, etc., que tienen alcoholes monohídricos, como alcohol metílico y alcohol etílico. Además, la superficie extendida proporcionada por las bolas metálicas hace necesaria una cantidad menor de catalizadores requeridos por la reacción que minimiza la formación de subproductos salados y requiere una purificación de los monoésteres y el subproducto glicerina. Los líquidos derivados de matrices biogénicas, como el alcohol 2-propanol, 1,2-propanodiol y 1-propanol utilizables como intermedios en otros procesos químicos o como portadores bioenergéticos 108 se pueden obtener a partir de la conversión de glicerina mediante el reactor rotatorio a través de la reducción mediante hidrogenación en presencia de catalizadores tales como Ni, Pd y
- 35 Rh depositados sobre un soporte de partículas de gran superficie (gel de sílice, alúmina activada, carbón activado, zeolitas etc.) a una temperatura de aproximadamente 120 °C y a una presión entre 20 y 40 bar.



El reactor rotatorio con bolas es utilizable para la conversión de poliestireno residual (p.ej., derivado de paquetes) con monoésteres, obtenidos de la transesterificación en el que el proceso realiza una reducción drástica en el volumen (100 veces o más) de los poliésteres residuales y es capaz de producir líquidos y/o gel 108 utilizable también como impregnadores protectores de superficies lisas o porosas o como “portadores energéticos” previniendo en cualquier caso los aspectos críticos relacionados con la eliminación de residuos, por otro lado voluminosos y no biodegradables.

10 EJEMPLO IV

Conversión Integrada de la matriz carbonácea en líquidos técnicos- líquidos de aislamiento.

Los resultados se enumeran en la Tabla VI.

15

Tabla VI

Propiedad	Método	Unidad de medida	Valores límite recomendados	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Color	ASTM D1500	escala ASTM	-	4,5	1
Voltaje de ruptura	IEC 60156	kV	>60	40	>70
Acidez	IEC 62021-1	mg _{KOH} g _{oil} ⁻¹	< 0,10	0,17	0,03
Factor de disipación – DDF a 90°C	IEC 60247	-	<0,10	0,25	0,02
Tensión interfacial	ISO 6295	-	>28	18	38
Agua	IEC 60814	Mg kg ⁻¹	<5	38	4
Total combustible gas	IEC 60567	μL L ⁻¹	-	1500	15
Dibencil disulfuro - DBDS	IEC TC10 GV37-CD	mg kg ⁻¹	<10	175	<5
Total azufre corrosivo	SM TCS	mg kg ⁻¹	<5	195	<5
Pasivante – Irgamet 39	IEC 60666	mg kg ⁻¹	-	195	<5
Bifenilos policlorados - PCB	IEC 61619 EN 12766-3	mg kg ⁻¹¹	< 25	85	<10
Partículas	IEC 60970	cód. ISO-	-	23/18/12	12/11/9
Cobre disuelto	ASTM D7151	mg kg ⁻¹	-	12	<1

En el caso específico, en el módulo B 105 se ha llevado a cabo un procedimiento integrado de descontaminación física, despolarización selectiva químico-física, deshalogenación/destoxificación de PCB y POP, compuestos corrosivos, compuestos polares ácidos que derivan de la oxidación. Los resultados cumplen la norma IEC 60422 ed.3-2005. Este resultado se ha obtenido con la configuración del módulo B a una temperatura de 80-100 °C con reactivo equivalente a 2,5 % en peso con respecto al aceite. En el caso específico se ha usado un reactivo constituido y formulado con soportes de partículas basados en silicatos o aluminosilicatos en un intervalo de dimensiones de 0,5 a 5 mm y en la proporción típica de 50 a 70 % en peso, una mezcla de bases inorgánicas con metales alcalinos y alcalino térreos básicos (KOH, CaO, MgO, CaCO₃) en formulación de partículas de 0,2 a 5 mm con una superficie grande en la proporción típica de 10 a 20 % en peso, polialquilenglicoles con peso molecular 20 alto en forma de partícula entre 0,2 y 5 mm en la proporción típica de 10 a 20 % en peso, bolas y/o metales portadores conductores térmicos 104 a una alta superficie catalítica en el intervalo de dimensiones de 0,5 a 5 mm (preferentemente constituidos por Fe, Ni, Al, Cu y Zn y aleaciones de los mismos). Las condiciones del proceso son

20

25

5 en estado hiperdinámico 10 en un intervalo de temperatura de 50 °C a 120 °C, preferentemente entre 80 °C y 100 °C y en condiciones de vacío que pueden llegar hasta 0,1 mbar, pero, preferentemente, 2 mbar. El aceite se inyecta mediante un dispositivo de alimentación que lo envía directamente al rotor, localizado en el extremo de entrada 2 y sale tras el tratamiento a través del extremo de salida 15. El nivel de aceite se mantiene, típicamente, al 50-60 % de la altura del diámetro del rotor 9 en condiciones hiperdinámicas. Sobre la superficie del líquido se mantiene un vacío con el fin de operar de forma continua la desgasificación y deshumidificación o extraer los productos volátiles de la reacción, realizando de este modo la conversión integrada de un modo más eficaz y rápido, sin la necesidad de disponer columnas de percolado sobre soportes de partículas, reactivos y/o adsorbentes. El aceite se filtra después mediante filtros mecánicos a 2 o 1 µm nominal. La aplicación descrita también se puede extender a otros tipos de fluidos técnicos en general tales como diatérmicos, hidráulicos, lubricantes, procesos endurecedores y/o fluidos de electroerosión.

EJEMPLO V

15 Conversión integrada de matriz carbonácea oleaginosa - Torrefacción de biomasa.

Los resultados se dan en la Tabla VII.

Tabla VII

Factores de evaluación	Antes de la conversión de torrefacción			Después de la conversión de torrefacción	
	Biomasa 6	Torrefacto (BioTor 111)	Gas de torrefacción (113)		
Masa [% de peso]	100%	70%	30%		
Energía [%]	100%	90%	10%		
Valor calorífico	17.000 (kJ kg ⁻¹ en base seca)	24.000 [kJ kg ⁻¹]	3000 [kJ Nm ⁻³]		
Volumen específico	100 %	60-65% (tras compactación)	n.a.		
Densificación energética (en masa base)	100%	130%	n.a.		
Humedad (como tal)	35%	5%	30%		

20 Estos resultados se pueden obtener usando una configuración de planta específica conforme a la integración de los módulos A 102, C 109, D 114, G 122, L 131, I 133 y N 103. La temperatura del proceso es de aproximadamente de 280-300 °C y el calor requerido es proporcionado por las bolas y/o los cuerpos conductores térmicos 4 procedentes del módulo D 114 donde se calientan o a partir de una fuente externa o de una fracción sólida 19 que se produce mediante la propia torrefacción. La matriz carbonácea volátil convertida (gas de torrefacción 113) producida durante la torrefacción puede, en cualquier caso, cubrir hasta el 80 % del requisito energético del propio proceso, incluyendo el secado preliminar mediante flujo de gas caliente 115. La planta modular que opera el proceso de torrefacción de acuerdo con las características de esta invención es compacta, flexible y fácilmente transportable. Dichas características permiten la Implementación de una estrategia de producción descentralizada de torrefactos biogénicos cerca de plantaciones o áreas forestales para el proceso de limpieza de bosques de ramas y cortezas para la prevención de incendios, pero también en bosques afectados por enfermedades de las plantas o ataques imprevistos de parásitos como el “escarabajo del pino de montaña” en Norteamérica.

Ejemplo VI

35 Conversión integrada de matriz carbonácea sólida - Pirólisis del granulado de neumáticos usados y mezclas poliméricas secundarias.

Los resultados se dan en las Tablas VIII, IX, X,

40 Tabla VIII

Matrices carbonáceas para convertir 74	Temperatura [°C]	Tiempo de Residencia [min]	Distribución de los productos		
			Char 111 [%]	Total líquido 117 [%]	Gas 124 [%]
Granulado de neumáticos usados	450	10	26,2	48,8	15,0

Ejemplos típicos de la composición química y el contenido energético de algunas matrices carbonáceas que se obtienen de la pirólisis del granulado de neumáticos se enumeran en las Tablas IX y X.

5 Tabla IX

Matrices carbonáceas para convertir 74	Material inicial 74				Char 111				Pirólisis líquida 117 (en fase oleosa solamente)			
	PCI [MJ kg ⁻¹]		PCS [MJ kg ⁻¹]		PCI [MJ kg ⁻¹]		PCS [MJ kg ⁻¹]		PCI [MJ kg ⁻¹]		PCS [MJ kg ⁻¹]	
	Tal cual	s.a.	Tal cual	s.a.	Tal cual	s.a.	Tal cual	s.a.	Tal cual	s.a.	Tal cual	s.a.
Granulado de neumáticos (450 °C 10 min)	35,6	35,8	37,2	37,5	28,8	29,0	29,0	29,2	40,3	40,9	42,7	43,2

*s.a.= sin agua

Tabla X

		Matrices carbonáceas por convertir 6	Char de pirólisis 111
Carbono	[% en peso]	81,3	79,8
Hidrógeno	[% en peso]	7,6	1
Al	[mg kg ⁻¹]	439	886
Ca	[mg kg ⁻¹]	2012	5751
Co	[mg kg ⁻¹]	66	136
Cu	[mg kg ⁻¹]	27	49
Fe	[mg kg ⁻¹]	263	534
K	[mg kg ⁻¹]	238	584
Mg	[mg kg ⁻¹]	242	429
Na	[mg kg ⁻¹]	477	884
P	[mg kg ⁻¹]	92	200
Pb	[mg kg ⁻¹]	desconocida	53
S	[mg kg ⁻¹]	12,254	14.709
Si	[mg kg ⁻¹]	9,630	15.174
Ti	[mg kg ⁻¹]	no determinado	295
Zn	[mg kg ⁻¹]	11,116	19.310

10 Los análisis del líquido de pirólisis (PyroLiq 117) de los neumáticos previamente filtrados a 50 µm nominal han proporcionado los valores indicados en la Tabla XI:

Tabla XI

Parámetro	Método	Unidad de medida	Valor
Punto de combustión	UNI EN ISO 2719-05	°C	<20
Agua y sedimentos	ISO 3734	% en vol	0,20
Densidad a 15 °C	UNI EN ISO 12185-99	kg m ⁻³	935,6
Viscosidad a 40 °C	UNI EN ISO 3104-00	mm ² s ⁻¹	5631
Punto de escurrimiento (automático)	ISO 3016-94	°C	-3
Cenizas	EN ISO 6245	% en peso	0,001
Residuo carbonáceo	UNI EN ISO 10370-98	% en peso	<0,01
Azufre	UNI EN ISO 8754-07	% en peso	1,15
Hidrógeno	ASTM D 5291-07	% en peso	10,6

Valor de calentamiento más alto (HHV)	ASTM D 240-07	kJ kg ⁻¹	42.680
Valor de calentamiento más bajo (LHV)	ASTM D 240-07	kJ kg ⁻¹	40.430

El elevado valor calorífico del líquido de pirólisis (PyroLiq 117) y sus características fisicoquímicas lo hacen particularmente adecuado en los sistemas de cogeneración (CHP) que tiene un valor calorífico y características equivalentes a las de un combustible diésel. Estos resultados se obtienen con la configuración de la planta basada en la integración de los módulos A 102, C 109, D 114, G 122, L 131, I 133 y N 103. En la fase de alimentación del módulo, es preferible añadir cantidades estequiométricas de aditivos y/o catalizadores 77 (p. ej., CaO, CaCO₃, etc.) en una medida variable entre 0,5 y 2% en peso con vistas a la neutralización de compuestos sulfurizados, compuestos ácidos y para minimizar la formación de alquitranes y POP. A la configuración de la planta descrita, se puede integrar un módulo específico B105 basado en el rotor 9 para una aplicación en el dominio de pre-conversión de neumáticos a temperaturas bajas con criogenia (p. ej., nitrógeno líquido, aire líquido etc.). El módulo descrito realiza una gran integración en un sistema de bucle cerrado con una elevada eficiencia energética con características de autosostenimiento energético. La solución implementada en este ejemplo proporciona una respuesta a la puesta en valor de materiales procedentes de la eliminación de neumáticos que determina un factor crítico importante desde un punto de vista ambiental, especialmente cuando hay acumulaciones incontroladas grandes, en caso de incendios que pueden producir emisiones a la atmósfera de sustancias carcinogénicas y muy contaminantes (humos que contienen PCA etc.) Este proceso proporciona la puesta en valor de un modo inteligente y flexible de las diversas fracciones líquidas (combustible) (PyroLiq 117), "negro de carbón" sólido 112 y gas (PyroGas 124), como soporte energético del proceso. La distribución del tamaño de partícula del "negro de carbón" 112 obtenido de la conversión de neumáticos usados entra dentro de las clasificadas por la norma ASTM D1765-10. Una integración adicional puede ser el uso de todas las fracciones orgánicas obtenidas de la pirólisis en el módulo F 118 para gasificación catalítica hiperdinámica en síntesis de matriz carbonácea gaseosa (gas de síntesis 124). Esta aplicación se puede extender de un modo eficaz también a materiales poliméricos en general, tal como polipropileno, halogenados y no poliméricos, termoplásticos, termoendurecedores etc.

25 EJEMPLO VII

Conversión integrada de matriz carbonácea sólida - Pirólisis flexible de biomásas.

Los resultados se indican en las tablas XII, XIII.

30

Tabla XII

Matrices carbonáceas sólidas tal como son 74	Temp. [°C]	Tiempo de residencia [min]	Distribución de productos				
			BioChar sólido de pirólisis 111 [%]	Líquido (BioPyroLiq 117)			Gas de pirólisis (BioPyroGas 124) [%]
				Total [%]	Fase oleosa	Fase acuosa	
Semillas de colza	350	10	57,4	35,2			7,4
Semillas de colza	450	7	32	57	41	16	11
Semillas de colza	500	7	18	67,5	49,4	17,6	14,5
Semillas de colza	550	10	16,1	60,2	50,0	10,2	22,3
Paja de colza	450	5	28,6	34,6	9,0	25,6	36,8
Cáscaras de arroz	450	5	36,5	45	15,0	30,0	18,5
Coco	450	5	34,0	52,0			14,0
Hueso de oliva	450	7	27,3	47,0	10,6	36,4	25,7
Orujo de oliva	420	6	27,4	53,7	15,6	38,1	18,9
Orujo de oliva	500	5	22,7	59,5	17,6	41,9	17,8
Orujo de oliva (desecado)	450	5	29,7	50,5	21,1	29,4	19,8
Semillas de girasol	450	5	25,7	55,3			19,0
Orujo de semillas de girasol	450	5	31,1	41,8			27,1
Pastillas de paja de trigo	450	7	35,0	46,0	8,3	37,7	19,0
Restos de producción de cerveza	450	6	32,9	50,1	35,65	14,5	17,0

Restos secos de producción de cerveza	450	6	27,3	57,9	25,3	32,6	14,8
---------------------------------------	-----	---	------	------	------	------	------

Ejemplos típicos del contenido energético de algunas matrices carbonáceas iniciales y “portadores bioenergéticos” sólidos y líquidos obtenidos de pirólisis flexible se enumeran en la Tabla XIII:

5 Tabla XIII

Matriz carbonácea (temp. – tiempo res.)	Matriz carbonácea como tal (74)				Sólido de pirólisis (BioChar 111)				Líquido de pirólisis (BioPyroLiq 117) (fase oleosa solamente)			
	LHV [MJ kg ⁻¹]		HHV [MJ kg ⁻¹]		LHV [MJ kg ⁻¹]		HHV [MJ kg ⁻¹]		LHV [MJ kg ⁻¹]		PHV [MJ kg ⁻¹]	
	c.t.	s.a.	c.t.	s.a.	c.t.	s.a.	c.t.	s.a.	c.t.	s.a.	c.t.	s.a.
Semillas de colza (450 °C-7 min)	25,3	27,6	27,0	29,3	30,3	30,8	31,6	32,3	35,1	36,6	37,5	39,0
Semillas de colza (500 °C-7 min)	24,4	26,6	26,0	28,2	25,6	25,9	26,4	26,7	34,5	35,8	36,7	38,0
Semillas de colza (550 °C- 10 min)	25,2	27,5	26,9	29,2	25,4	26,1	26,0	26,7	34,7	36,6	37,0	39,0
Orujo de oliva prensada (450 °C-7 min)	18,8	21,0	20,4	22,4	23,8	24,0	25,0	25,2	15,8	24,3	17,9	26,3
Huesos de oliva (450 °C-7 min)	18,3	19,4	19,7	20,7	29,0	29,4	29,7	30,1	26,4	28,5	28,1	30,1
Cáscaras de arroz (450 °C-5 min)	14,5	15,8	15,7	17,0	20,0	20,3	20,6	21,0	20,8	24,6	22,5	26,6

c.t. como tal *s.a.= sin agua

LHV Valor de calentamiento más bajo HHV Valor de calentamiento más alto

10 Los resultados demuestran que el proceso de pirólisis que se puede realizar mediante esta planta se caracteriza por una alta flexibilidad operativa en términos de una fácil variación y control de los parámetros fundamentales del proceso (temperatura, tiempo de residencia, ambiente controlado, condiciones hiperdinámicas etc.) y un amplio espectro de materiales compatibles (en términos de humedad, granulometría, cenizas, contenido, etc.) y obtención de materiales derivados. Los POP (PCDD y PCDF en los “portadores bioenergéticos” líquidos (BioPyroLiq117) y sólidos (BioChar 111) obtenidos de la conversión por pirólisis de paja de trigo en las diferentes condiciones de proceso antes indicadas y expresadas en términos de ng kg⁻¹ I-TEQ (Internacional -Cantidad equivalente de toxicidad) siempre ha resultado muy por debajo de las concentraciones límite prescritas por las normas, en particular de 10,7 ng kg⁻¹ hasta un máximo de 30,8 ng kg⁻¹. La configuración de la planta modular usada para obtener estos resultados se basa en la integración de los módulos A 102, C 109, D 114, G 122, L 131, I 133 y N 103.

20 EJEMPLO VIII

Conversión integrada de matriz carbonácea sólida - Producción de Biochar y uso del mismo, carbón activado biogénico y soportes catalíticos.

25 Los resultados se dan en la Tabla XIV.

Tabla XIV

Matriz carbonácea sólida como tal 74	Temp. [°C]	Tiempo de residencia [minutos]	Distribución de productos				
			BioChar 111 [%]	Líquido (BioPyroLiq 117)			BioPyroGas 124 [%]
				Total [%]	Fase oleosa	Fase acuosa	
Semillas de colza	350	10	57,4	35,2			7,4
Semillas de colza	550	10	16	61,5	51,2	10,3	22,3

30 Los resultados experimentales confirman la flexibilidad operacional de la planta modular. En estas mismas condiciones de conversión, solo la variable de temperatura puede determinar una variación de la producción de Biochar 111 en masa hasta el 360 %. La producción de Biochar 111 tiene lugar simultáneamente y de un modo integrado con la producción y puesta en valor de las otras matrices líquidas (BioPyroLiq 117) y gaseosas

(BioPyroGas 124) producidas mediante la pirólisis en la configuración de la planta descrita en el ejemplo VII. La producción de “portadores bioenergéticos” sólidos y/o líquidos determina una nueva cadena de producción de bioenergía 132, biomaterial para la captura de CO₂ y bioproductos (“mejoradores de suelo”) para la intensificación de cultivos agrícolas como “modificación del suelo”. Una opción adicional es el uso conjunto de biochar con biomasa fresca para la producción de pastillas o briquetas de un “cóctel” formado por biochar y la biomasa fresca (BioCok 126). En este caso, la biomasa fresca prensada puede tener la función de un aglutinante para compactación. Normalmente, el Biochar 111 aumenta la densidad energética de la biomasa que alcanza valores caloríficos de aproximadamente 30.000kJ kg⁻¹ con respecto a un valor típico de la biomasa de partida de 17-18.000kJ kg⁻¹ con una potenciación del 76%. En general, la producción de Biochar 111 tiene un impacto climático global positivo ya que desacelera el ciclo del carbono, reduciendo los gases de efecto invernadero (es decir, CO₂) al contrario de lo que ocurre con la combustión. Biochar 111 se presenta visualmente como “negro de carbón” y aguanta la degradación química y biológica. Se caracteriza por su estabilidad en el tiempo (hasta cientos de años). Biochar 111 contiene sustancias aromáticas que presentan una fuerte interacción con partículas minerales y una estructura esponjosa caracterizada por un contenido alto de C/O y elevadas proporciones superficie/volumen capaces de contener cantidades importantes de cationes intercambiables. Se puede predecir científicamente que por cada kg de Biochar 111 (que normalmente contiene aproximadamente 70-80 % de su peso en carbón) que se usa “*una tantum*” en tierras de cultivo se capturan hasta 3 kg de CO₂, ya que el carbono ya no está disponible para un ciclo de conversión posterior. Su interacción con los suelos induce una mayor fertilidad que se traduce en una eficiencia fotosintética mayor, en un mayor desarrollo de la biomasa, por tanto una mayor capacidad para captar carbono. Cuando la biomasa se usa finalmente para producir Biochar, el valor de la cadena bioenergética se intensifica. Con la planta modular es posible obtener una gran variedad de Biochar 111 que tenga las características adecuadas para diferentes aplicaciones. En el caso de las aplicaciones en los cultivos de gramíneas, se ha verificado experimentalmente que la producción en condiciones controladas en una celda climática ha pasado sorprendentemente desde 4,5 kg de peso fresco por maceta a 11,5 kg, es decir en incrementos de aproximadamente el 225 % en el ciclo de 150 días de cultivo. El suelo de cultivo se formuló con un 60 % en volumen de modificación de Biochar derivado de la pirólisis del residuo procedente del prensado de semillas de colza mezcladas y homogeneizadas adecuadamente en el suelo de cultivo.

En el caso de cultivo agroenergético, es posible potenciar los rendimientos de producción de biomasa primaria por hectárea, en particular los clasificables como rotación corta (p. ej. *Arundo Donax*, *Mischantus*, etc.). Esta condición se produjo, sorprendentemente, con la experimentación dirigida, por ejemplo con *Mischanthus Sinensis* “*Zebrius*”, donde la producción en condiciones controladas en invernadero (experimentación de “rotación corta”) pasó de 9,5 g de peso seco a 12 g, con un incremento del 26 % en un ciclo de tiempo de aproximadamente 270 días en suelo aumentado con 20 % de Biochar derivado de la pirólisis de la paja de trigo. Las plantas se adquirieron ya en una maceta y se transplantaron a una maceta más adecuada. El suelo usado para dicho cultivo se elaboró con una mezcla de turba rubia, arcilla y fertilizante 14-16-18 equivalente a 0,8 kgm⁻³ y tenía un pH 5,5-6,2, una conductividad eléctrica (método holandés 1:1,5 v/v) equivalente a 0,5-0,9 ms cm⁻¹, capacidad de aire 10 % v/v, agua fácilmente disponible 30 % v/v, irrigación según sea necesario. Por otro lado, los fertilizantes estaban compuestos por 2 g de P₂O₅ sobre 20 litros de subcapa de perfosfato triple (0,200 g por maceta correspondiente a 4,35- Título 46 %), 2 g de K₂O sobre 20 litros de capa de sulfato potásico (0,220 g por maceta), correspondiente a 4,35- Título 46 %, nitrógeno 2,76 g sobre 20 litros de subcapa 80,276 g por maceta), correspondiente a 6 g de urea- Título 46 %. Experimentalmente se observó que en suelos pobres y en cultivos dedicados se puede obtener una contribución adicional a la intensificación de los factores de crecimiento de las plantas mediante la adición de microelementos (Fe, Zn, Mo, Cu, Mn, etc.) inoculando a los mismos agentes quelantes (p. ej. ácido etilendiaminotetraacético, EDTA, ácido dietilentriaminopentaacético DTPA) del que se carga el Biochar. Esta transmisión se puede reintegrar mediante micronutrientes con ciclos de irrigación por goteo. Los resultados experimentales obtenidos demuestran la aplicabilidad y la eficacia de la presente invención para convertir de forma selectiva algunas tipologías de biochar indicadas en el presente documento en lo que antecede en “carbón activado” (BioActCoal 111) mediante activación. Este proceso de activación se realiza en los módulos C 109 configurados en cascada calentando hasta 900 °C en el reactor rotatorio con la inyección de vapor de modo tal que se determina el efecto de la “Explosión de vapor-SE” a ciclos que apuntan a la creación de un área superficial elevada de hasta 800 m² g⁻¹ y más. Para obtener áreas de superficie más altas, de hasta 1200-1400 m²g⁻¹, es necesario convertir materiales más valiosos para este tipo de aplicación que tuvo como resultado, a título simplificador pero no limitante, cáscaras de coco, cáscaras de pistacho, cáscaras de cacahuete, cáscaras de avellana, residuos sólidos de café etc.). El carbón activado, dependiendo del tipo de aplicación, se puede formular en diferentes tamaños de partícula y formas geométricas (p. ej., bolas, briquetas, pastillas etc.) adecuadas para aplicación directa o para su impregnación con catalizadores específicos (p. ej. metales nobles tales como paladio etc.). En el caso de filtración de soportes orgánicos, el carbón activado se puede refuncionalizar mediante la aplicación de una pirólisis posiblemente asistida por un dispositivo de irradiación concentrada con microondas 21 capaz de restablecer la superficie de intercambio inicial y, al mismo tiempo, de autolimpiarse degradando los compuestos orgánicos no deseados dentro de la propia matriz. Esta aplicación puede ser ventajosa en la conversión de la paja de arroz con un contenido elevado en cenizas, para obtener silicio de origen biogénico con una pureza elevada y una elevada superficie catalítica para procesos de adsorción o catálisis.

EJEMPLO IX

Conversión integrada de matriz carbonácea sólida – Pirogasificación

Los resultados se indican en la tabla XV

Tabla XV

Matriz carbonácea sólida como tal	Humedad [%]	Temp. en 2 etapas [°C]	Tiempo de residencia [min]	Eficiencia de conversión	Biosyngas 124						
					Composición				LHV [kJ Nm ⁻³]	Contenido en alquitranes [mg Nm ⁻³]	Contenido en POP- PCDD/PCDF [ng I-TEQ Nm ⁻³]
					CO	H2	CH ₄	CO ₂			
Astillas de madera	<15%	500-850	7	78%	30-45	17	4	40	7-10.000	<50	0,1

5 El agente oxidante en los ensayos se preparó a partir de una mezcla de aire 119 y vapor 104 pero se pueden usar mezclas de aire enriquecido con oxígeno 119, procedente del módulo H 127. La planta modular relativa a la aplicación de pirogasificación como se indica en las Figuras 9 y 10 se basa en la integración de los módulos A 102, C 109, D 114, F 118, G 122, L 131 e I 133. El proceso de pirogasificación se subdivide en dos macroetapas que buscan la conversión completa de la biomasa. Las temperaturas de operación son 500°C para la primera etapa, mientras que la segunda etapa funciona a 850 °C. Una primera opción puede ser la producción simultánea de Biochar 111 y la matriz carbonácea gaseosa de calidad (Biosyngas 124). La segunda opción es maximizar la producción de Biosyngas 124 solo. Cuando esté justificado económicamente por la aplicación final, se puede usar oxígeno con pureza técnica como agente oxidante para disponer de un gas de síntesis 124 de una calidad muy alta en términos de mayor valor calorífico y minimizar el contenido de los compuestos de NO_x. No obstante, a diferencia de un 5 gasificador de lecho fluidizado, en el que la matriz carbonácea sólida (p. ej. la biomasa) se introduce directamente, esta gasificación minimiza los problemas de elución de las partículas más finas (carbono y/o cenizas), ya que la segunda etapa está centrada únicamente en la fracción de carbonáceos volátiles, lo que ofrece una flexibilidad operacional paralela, ya que las etapas de conversión están separadas. Asimismo, esta configuración de la planta tiene la característica de tener un único punto de emisión del grupo de cogeneración, ya que el flujo gaseoso dedicado al calentamiento permanece confinado dentro de la propia planta. Esta aplicación con biomásas también se puede extender a otras tipologías de matrices carbonáceas que derivan de materiales poliméricos residuales, tales como neumáticos usados, plásticos y/o plásticos termoestables.

25 EJEMPLO X

Conversión integrada de matrices carbonáceas gaseosas - Producción de nanotubos de carbono de pared múltiple, gas de síntesis y/o hidrógeno.

30 Una aplicación de conversión adicional de las matrices carbonáceas sólidas heterogéneas como tales 66 con la planta modular es la producción a temperaturas elevadas de MWCNT - nanotubos de carbono de pared múltiple 138, para aplicaciones de materiales avanzados en presencia de catalizadores. La planta modular para la aplicación relativa a los MWCNT 138 y al gas de síntesis 120 se basa en la integración de los módulos A 102, C 109, D 114, F 118, G 122, L 131 e I 133. El proceso de pirogasificación de MWCNT 138 se subdivide en dos macroetapas cuyo objeto es la conversión completa de la matriz carbonácea inicial en gas de síntesis 120 con material residual compuesto únicamente por cenizas, es decir todo el char se convierte en la etapa de oxidación subestequiométrica. Para esta aplicación, la gasificación hiperdinámica catalítica se va a subdividir, a su vez, en dos etapas de conversión. En la primera etapa tiene lugar la conversión en gas de síntesis 120 con calidad alta y contenido bajo en alquitranes, seguida de una segunda etapa de depósito simultáneo de nanotubos de carbono de pared múltiple 138, usando catalizadores adecuados que se encargan de su formación. Los nanotubos de carbono de pared múltiple 138 deberán separarse después del flujo gaseosos 120. Los catalizadores típicos pueden de la ser los indicados en la descripción detallada de la invención Ni, CaO, CaCO₃, ferroceno Fe(C₅H₅)₂ y otros compuestos metalorgánicos y sus derivados, compuestos intermetálicos obtenidos de carbonatos de lantano, neodimio y níquel, p.ej. LaNi₅ y NdNi₅. Las temperaturas de pirólisis son, preferentemente, 500 °C, mientras que la conversión y depósito de la porción de los nanotubos de carbono de pared múltiple funciona a aproximadamente 900 °C. Como subproducto de este proceso se obtiene un gas de síntesis 138 con una concentración elevada de hidrógeno.

REIVINDICACIONES

1. Planta modular para realizar procesos de conversión de al menos una matriz carbonácea (6); dicha planta incluye al menos un módulo básico que incluye al menos:

5 un reactor (9) que gira alrededor de un eje longitudinal central que tiene una inclinación de 0° a 45° con respecto al plano horizontal, teniendo dicho reactor en rotación (9) un cuerpo central sustancialmente cilíndrico cerrado en un primer extremo de entrada por un cabezal estacionario (8) y en un segundo extremo por un cabezal fijado al reactor en rotación (9), un primer conducto (7) para introducir dicha matriz (6) en el reactor en rotación (9) y un segundo
10 conducto (5) para introducir un portador conductor térmico (4) en el reactor en rotación (9), estando fijo a dicho cabezal estacionario (8),

un alojamiento estacionario (1) que encierra de forma integral dicho reactor en rotación (9), de modo que queda sellado con respecto al ambiente externo, teniendo dicho alojamiento (1) aberturas para el paso de dichos primero y
15 segundo conductos, así como para la salida de la matriz carbonácea convertida (17,19) y el portador conductor térmico (4), y

un grupo (22) para dirigir de forma rotatoria dicho reactor en rotación (9) que carece de miembros internos con movimiento de rotación con respecto a dicho cuerpo cilíndrico.

20 2. Planta modular según la reivindicación 1, en la que dicho portador conductor térmico (4) está constituido por una pluralidad de cuerpos sólidos, en concreto bolas metálicas, o un líquido seleccionado del grupo que consiste en metales fundidos, aleaciones y sales, fluidos criogénicos licuados y sustancias que son líquidas a temperatura ambiente, como aceites, soluciones acuosas y fluidos orgánicos.

25 3. Planta modular según las reivindicaciones 1 o 2, que está provista de un dispositivo para enfriar o calentar dicho portador conductor térmico que recircula de forma continua y en bucle cerrado dentro de dicho reactor en rotación (9).

30 4. Planta modular según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por al menos un miembro interno (11) adecuado para interactuar con dicha matriz carbonácea (6) y dicho portador conductor térmico (4) está fijado a la superficie interna del reactor en rotación (9), siendo dicho miembro interno (11) del tipo de cajón (23), reja de arado (24), aleta (25), tornillo de Arquímedes sólido o perforado (26) con eje sólido o posiblemente perforado, espiral sólida o perforada (27) o cestillo (28).

35 5. Planta modular según la reivindicación 4, caracterizada porque dicho miembro interno (11) está provisto de inyectores (30) y está asociado a un distribuidor rotatorio (31) de al menos un fluido de proceso (33), que está montado a prueba de fugas en el cabezal estacionario (15) y es adecuado para permitir la alimentación de dicho fluido de proceso (33) en el reactor en rotación (9).

40 6. Planta modular según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque dicho grupo (22) comprende al menos una entidad seleccionada entre rodillos motorizados (37), que interaccionan mediante fricción con la superficie externa del cuerpo del reactor en rotación (9), un piñón motorizado (39), que engrana una corona dentada (40) fijada al reactor en rotación (9), un eje motorizado (42) fijado hacia fuera del cabezal móvil en correspondencia
45 con el eje longitudinal, y un miembro flexible (44), tal como una cinta o cadena que conecta un eje motor a una superficie externa del cuerpo del reactor en rotación (9).

7. Planta modular según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque dicho alojamiento estacionario (1) comprende al menos una capa de aislamiento térmico y/o acústico (12) que es interna y/o externa, que se caracteriza porque preferentemente está integrado un sistema de calentamiento auxiliar (13).

8. Planta modular de según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el segundo cabezal del cuerpo central del reactor en rotación (9) tiene una superficie de red (14) cuya malla tiene un tamaño que permite el paso de la matriz convertida (19) hacia la respectiva abertura realizada en el alojamiento (1) y retiene
55 los cuerpos sólidos que forman el portador conductor térmico (4).

9. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el módulo básico incluye una o más cámaras con un dispositivo de irradiación concentrada, tal como ultrasonidos, microondas, RF, láser de potencia y/o electromagnético (21, 64).

60 10. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes de 1 a 7, caracterizada porque en el cabezal estacionario (48), hay al menos una abertura realizada para permitir el paso de un líquido que constituye dicho portador conductor térmico (4) desde el interior del reactor en rotación hacia un espacio hueco definido entre el alojamiento y el reactor rotatorio (9).

65 11. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de 1 a 7, caracterizada porque el

cabezal fijado al reactor en rotación (9) tiene un miembro de fricción (56) que pasa a prueba de fugas a través de una aleta terminal (16) del alojamiento (1), un intercambiador de calor (54) o un cátodo (55) que se extiende dentro del reactor rotatorio (9) insertándose dentro de dicho miembro de fricción (56).

- 5 12. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de 1 a 7, que se caracteriza porque la porción del alojamiento (1) cerca del cabezal fijado al cuerpo del reactor rotatorio (9) está provisto de interfaces adecuadas para permitir la salida de las matrices carbonáceas convertidas (58).
- 10 13. Planta modular según la reivindicación 12, que se caracteriza porque dicho portador conductor térmico está constituido por un metal fundido, preferentemente Sn, Bi, Zn, Pb y Al y/o aleaciones de los mismos con metales catalíticos elegidos del grupo constituido por Fe, Ni, Cr, Mn, Co, Ti, dispositivos de irradiación concentrada (64), tales como microondas, RF y/o láser de potencia adecuados para reconvertir los óxidos que posiblemente se formen en los metales, estando también comprendidos en una zona de salida de las matrices carbonáceas convertidas (58).
- 15 14. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de 1 a 7, caracterizada por una cámara (52), que se caracteriza por un fluido termoestable producido preferentemente mediante la combustión de una fracción de la matriz carbonácea (6) o productos derivados de la misma (60), es contigua a al menos una parte de la pared externa de dicho alojamiento (1), de modo que la planta se autosostiene energéticamente.
- 20 15. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una pluralidad de módulos básicos con la misma o diferente configuración de aplicación, que operan en diferentes condiciones y que están interconectados en serie o en paralelo, incluyendo otro módulo (1 133), y dispuestos dentro de al menos un contenedor, de modo que se facilita la prefabricación, la logística, la instalación y la manipulación segura en un lugar deseado.
- 25 16. Planta modular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende más allá de uno o más módulos básicos, un módulo de alimentación controlado (A 102) provisto de medios para secado y mezclado de las matrices carbonáceas sólidas (66, 7 4) y medios para expeler las matrices carbonáceas sólidas (100), caracterizada porque dicho medio de expulsión comprende un tornillo de Arquímedes (83) posiblemente con un paso variable, o un dispositivo empujador (87) provisto con un mecanismo impulsor, tal como un mecanismo de biela/manivela (89), un pistón (90) o un mecanismo de cremallera (91).
- 30

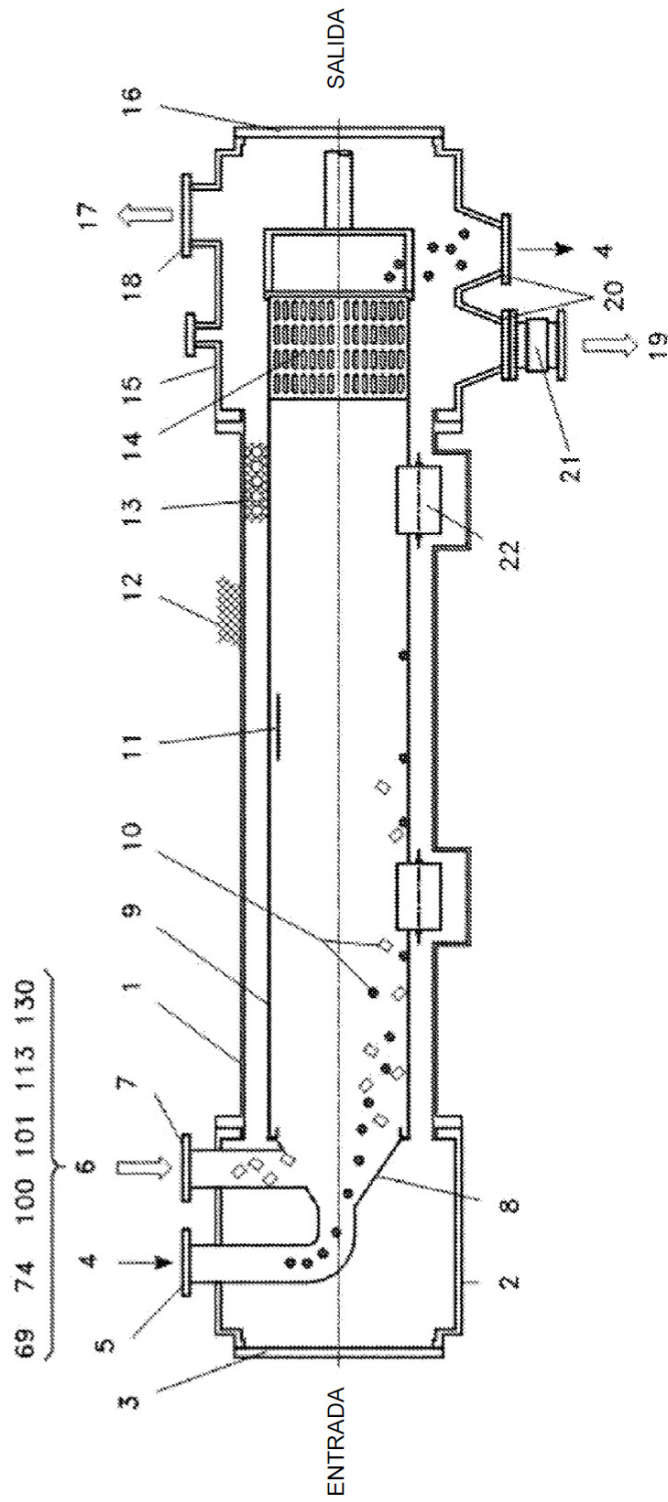


FIG. 1

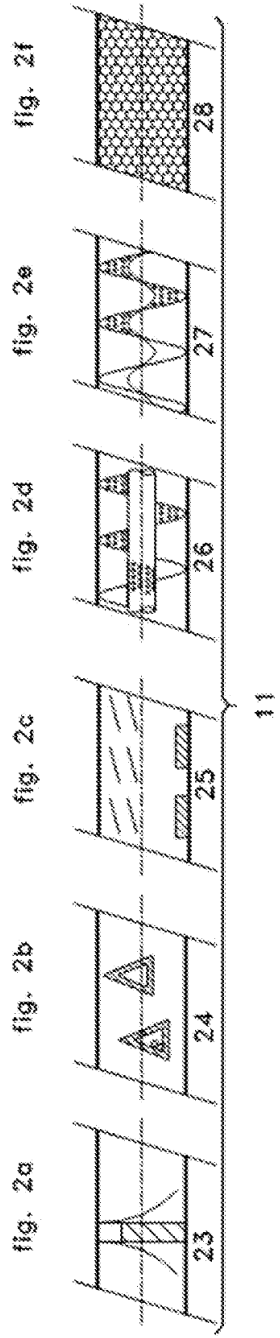


FIG. 2g

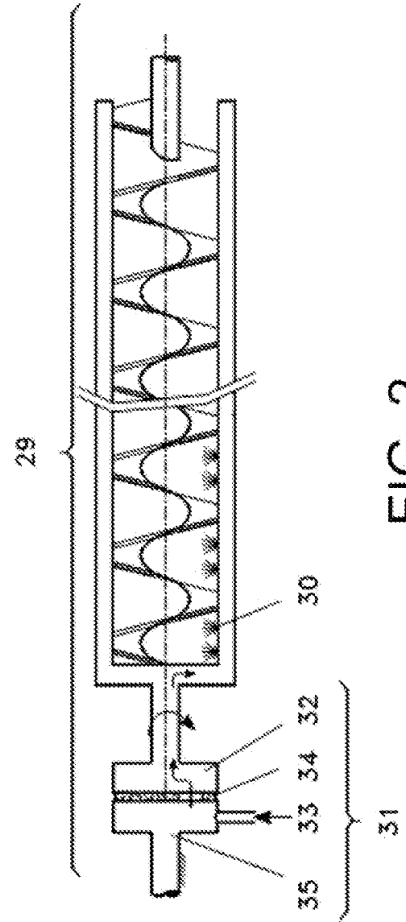


FIG. 2

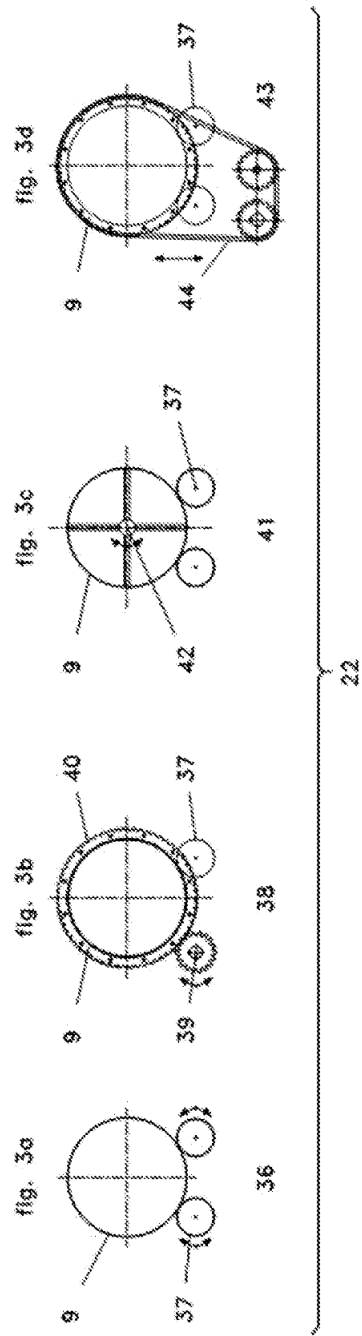


FIG. 3

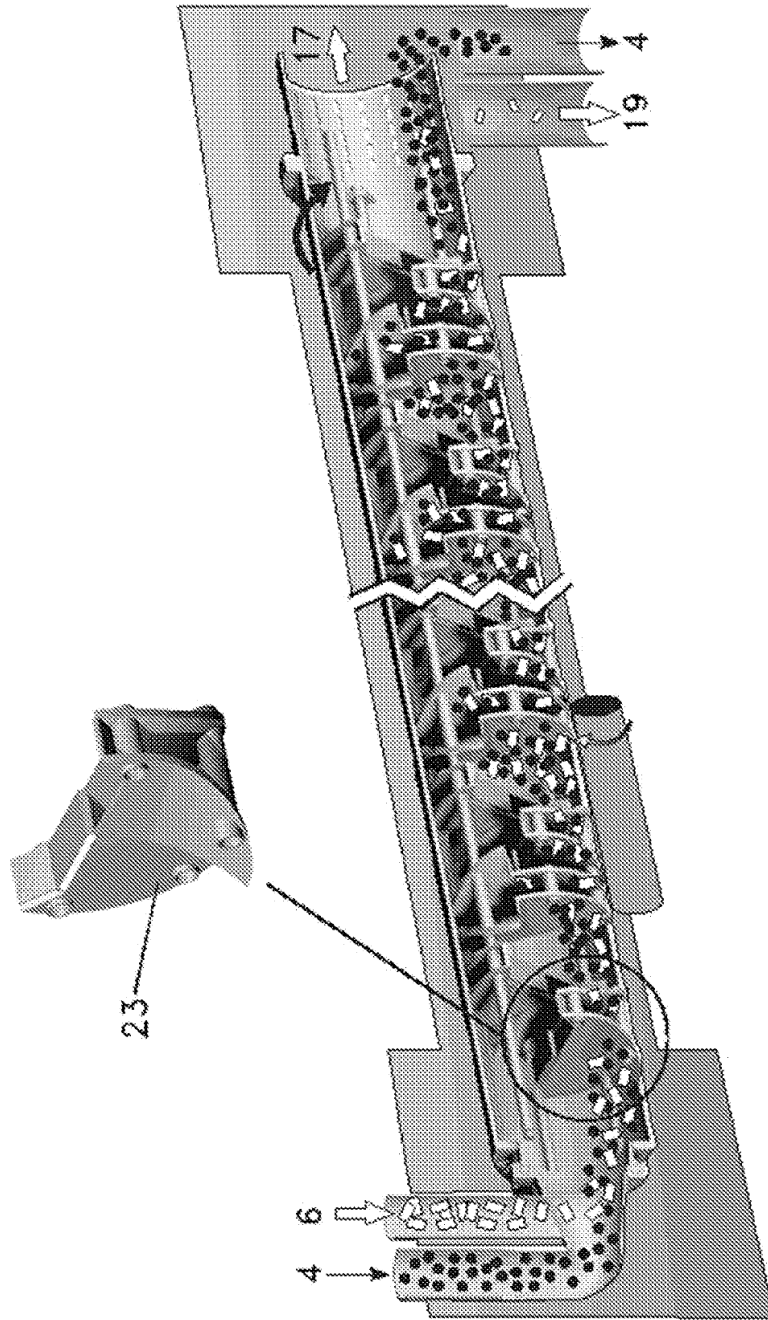


FIG. 4

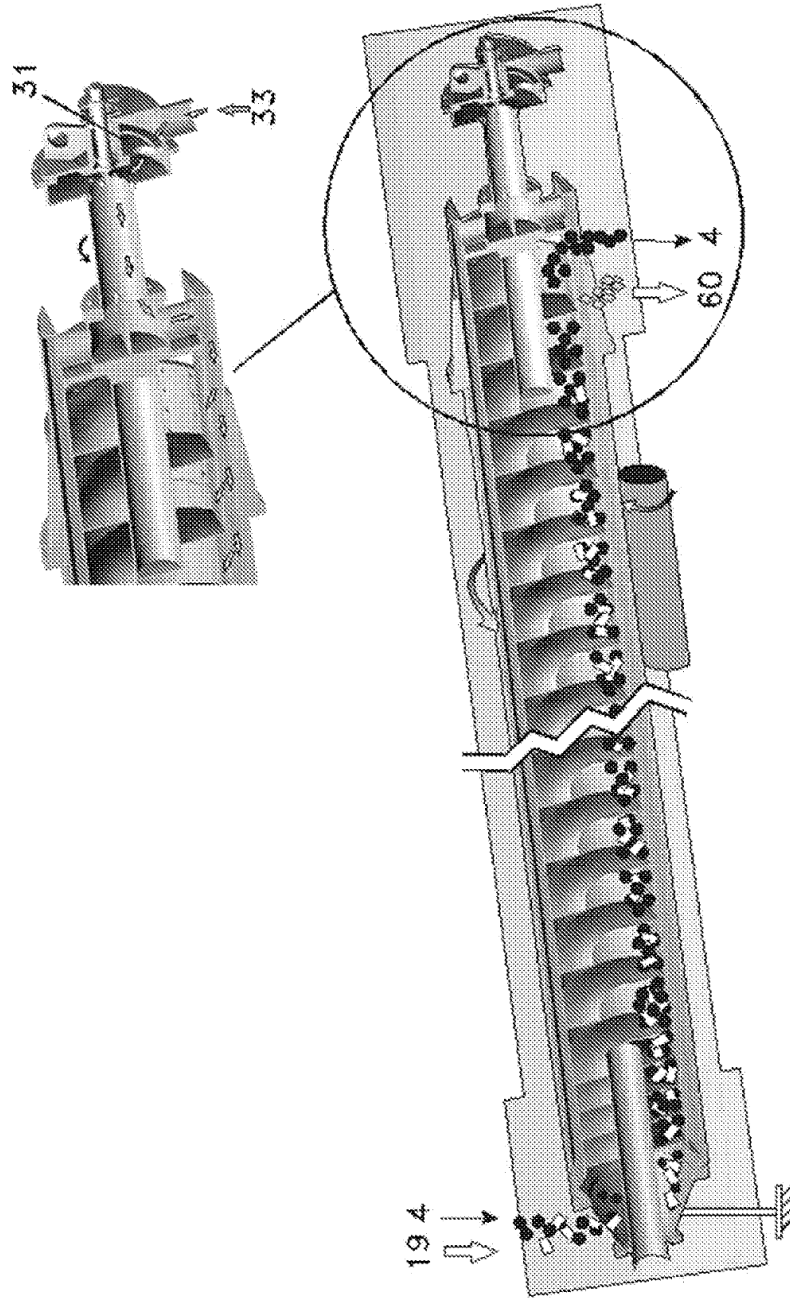


FIG. 5

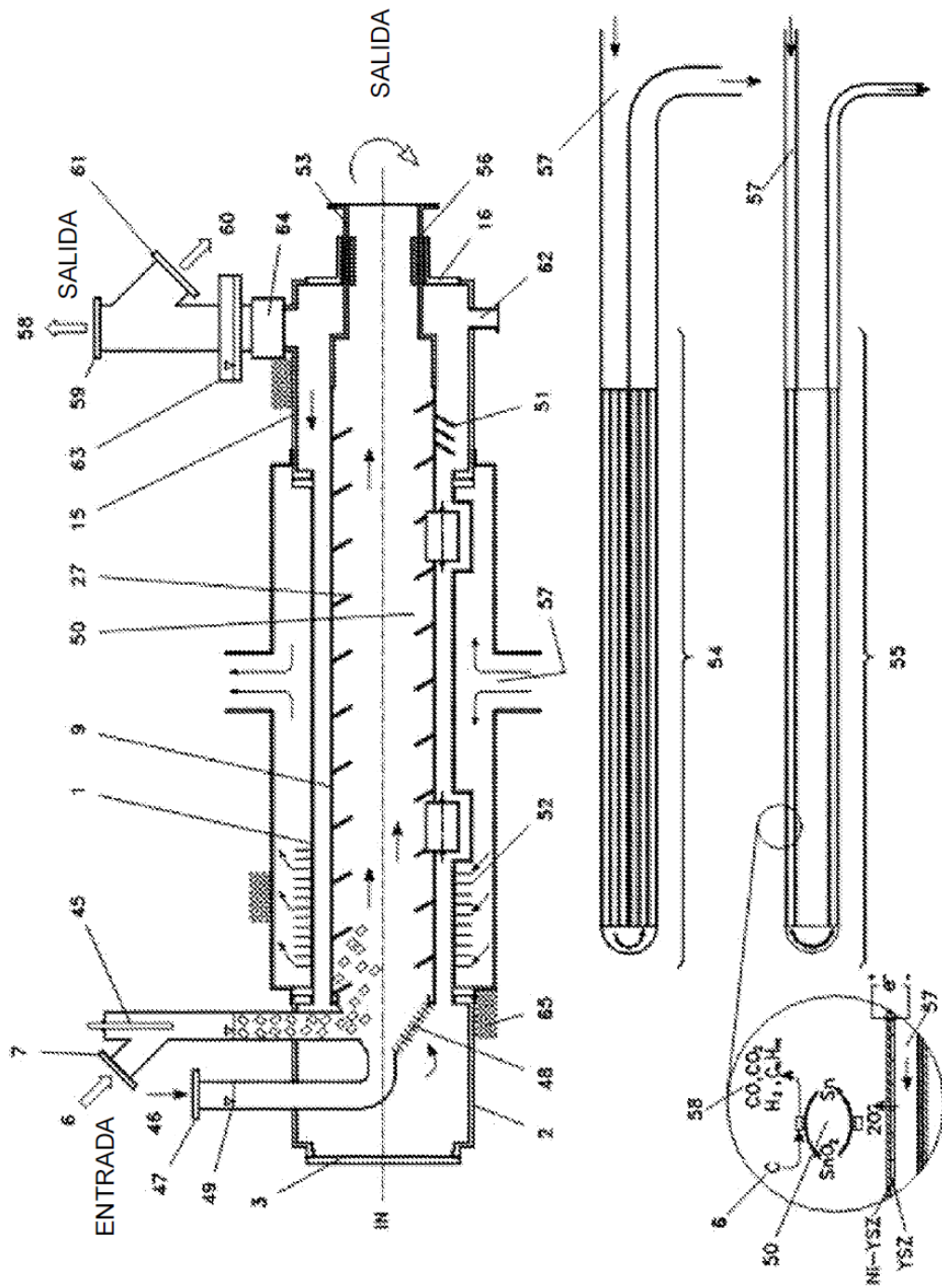


FIG. 6

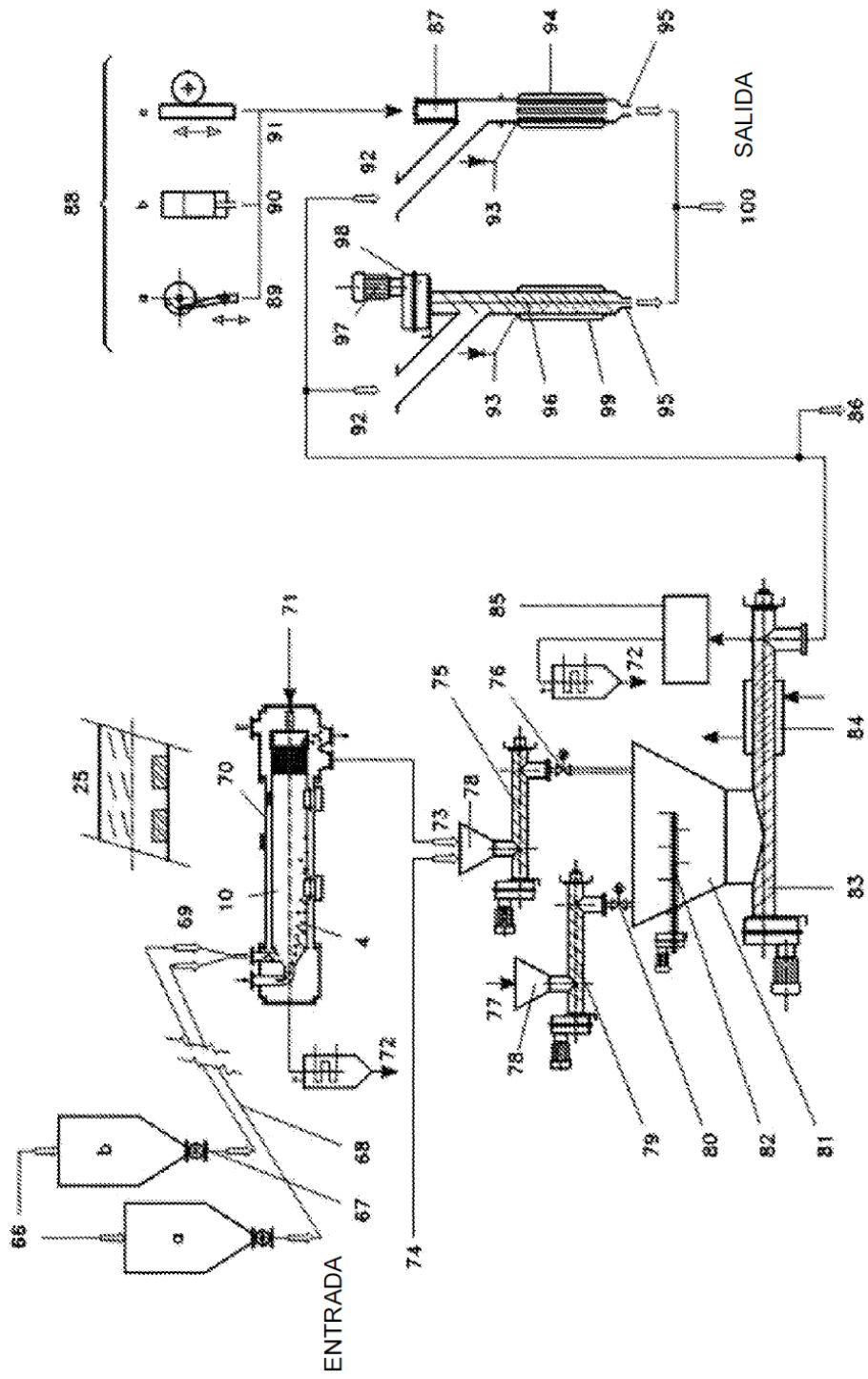


FIG. 7

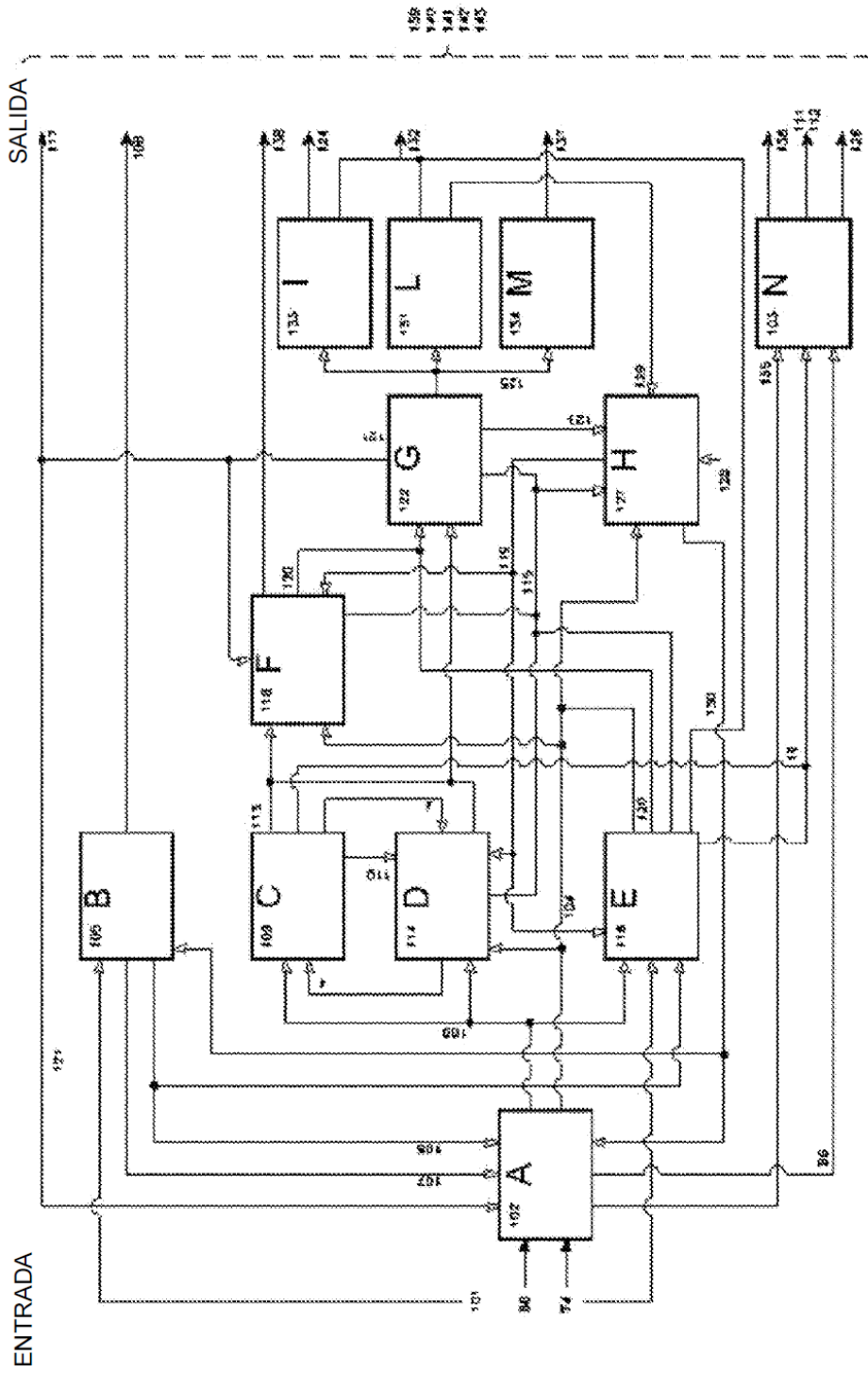


FIG. 8

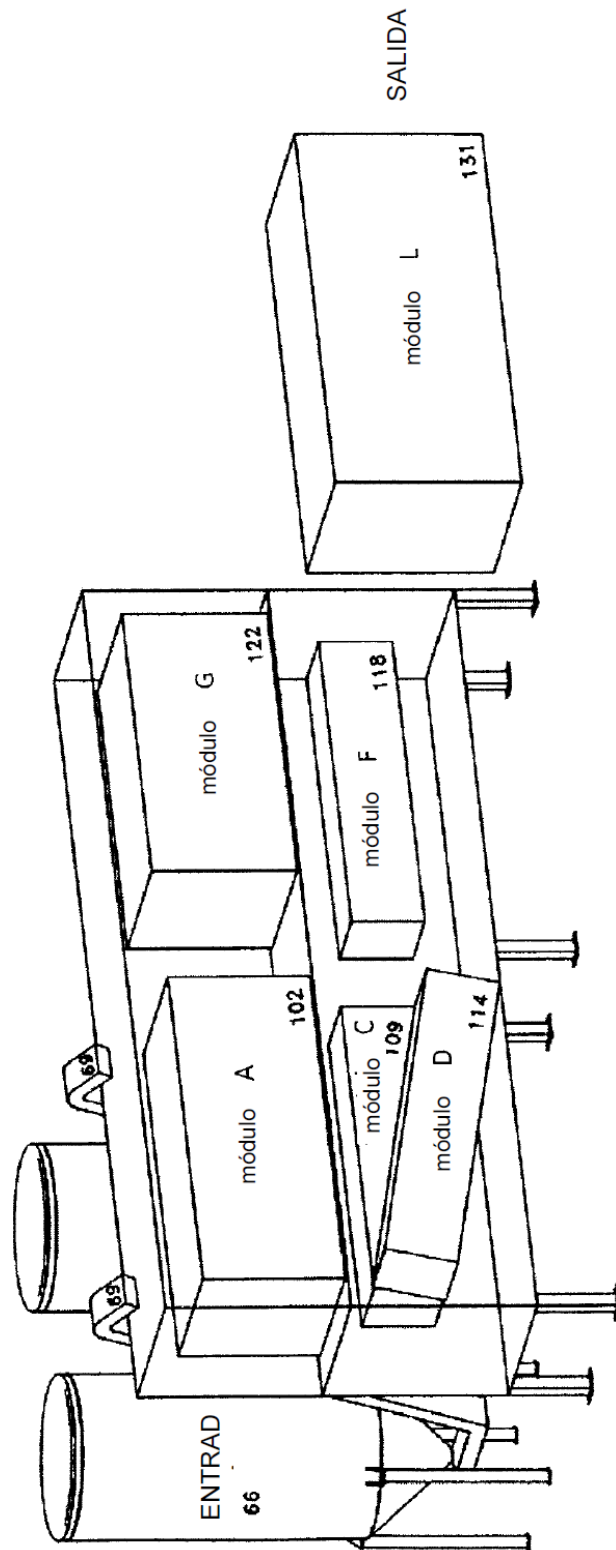


FIG. 9

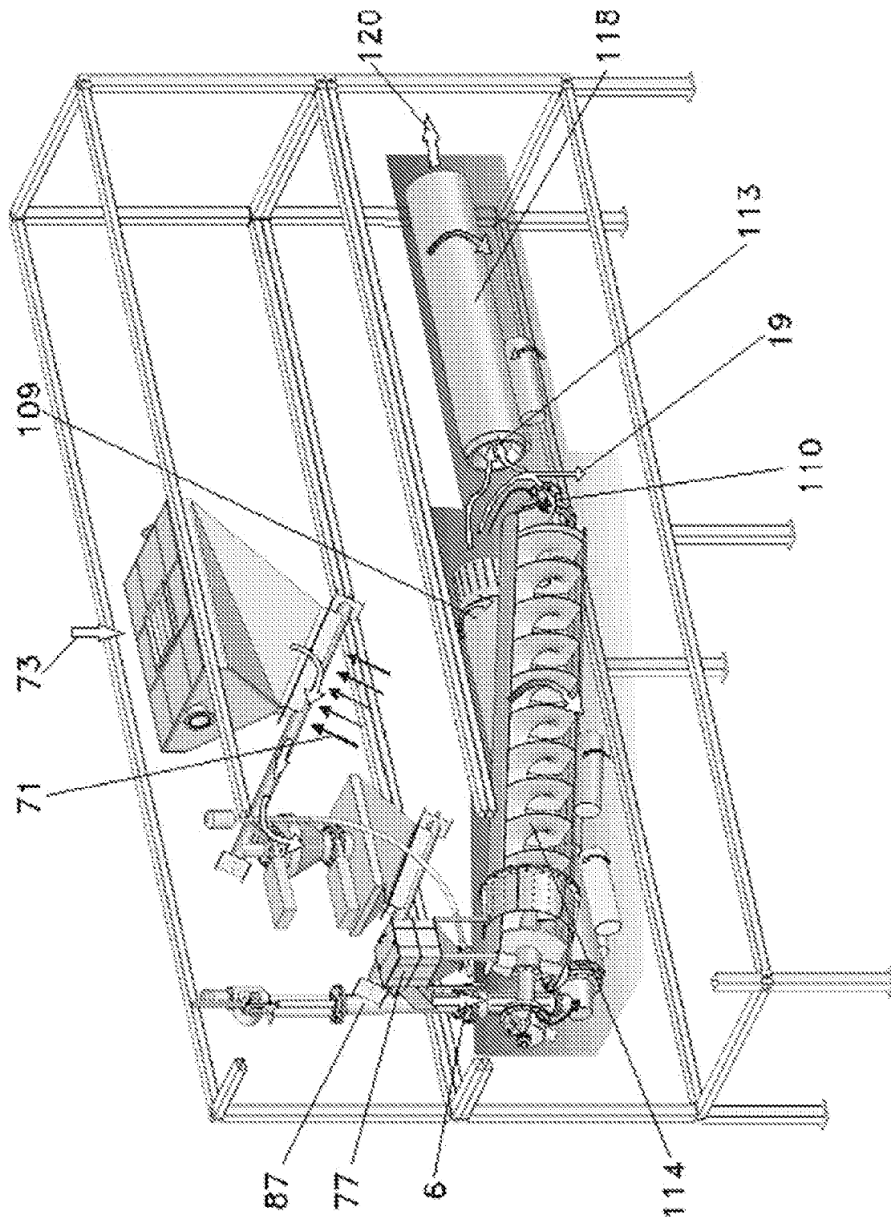


FIG. 10